

**UTILITY
PATENT APPLICATION
TRANSMITTAL**

Attorney Docket No.

1776/044

First Named Inventor or Application Identifier

Takahisa Nitta et al.

Title

CHEMICAL SUPPLY SYSTEM

(Only for new nonprovisional applications under 37 C.F.R. 1.53(b))

Express Mail Label No.

APPLICATION ELEMENTS

See MPEP chapter 600 concerning utility patent application contents

ADDRESS TO:

Assistant Commissioner for Patent
Box Applications
Washington, DC 20231

1. ☒ Filing Fee as calculated below.
2. ☒ Specification (in Japanese) [Total Pages [41]]
(preferred arrangement set forth below)
- Descriptive title of the invention
 - Cross References to Related Applications
 - Statement Regarding Fed sponsored R & D
 - Reference to Microfiche Appendix
 - Background of the Invention
 - Brief Summary of the invention
 - Brief Description of the Drawings (if filed)
 - Detailed Description
 - Claim(s)
 - Abstract of the Disclosure
3. ☒ Drawing(s) (35 USC 113) [Total Pages [33]]
4. Oath or Declaration [Total Pages [2]]
- a. ☒ Newly executed (original or copy)
- b. ☐ Copy from a prior application (37 CFR 1.63(d))
(for continuation/divisional with Box 17 completed)
- ☐ **DELETION OF INVENTOR(S)**
Signed statement attached deleting inventor(s) named in the prior application, see 37 CFR 1.63(d)(2) and 1.33(b)
5. ☐ Incorporation By Reference (useable if Box 4b is checked) The entire disclosure of the prior application, from which a copy of the oath or declaration is supplied under Box 4b, is considered as being part of the disclosure of the accompanying application and is hereby incorporated by reference therein.
6. ☐ Microfiche Computer Program (Appendix)
7. Nucleotide and/or Amino Acid Sequence Submission (if applicable, all necessary)
- a. ☐ Computer Readable Copy
- b. ☐ Paper Copy (identical to computer copy)
- c. ☐ Statement verifying identity of above copies

ACCOMPANYING APPLICATION PARTS

8. ☒ Assignment Papers (cover sheet & document(s))
9. ☐ 37 CFR 3.73(b) Statement ☐ Power of Attorney
10. ☐ English Translation Document (if applicable)
11. ☐ Information Disclosure Statement (IDS)/PTO-1449 ☐ Copies of IDS Citations
12. ☐ Preliminary Amendment
13. ☒ Return Receipt Postcard (MPEP 503)
(Should be specifically itemized)
14. ☐ Small Entity Statement(s) ☐ Statement filed in prior application, Status still proper and desired
15. ☐ Certified Copy of Priority Document(s)
(if foreign priority is claimed)
16. ☐ Other:

17. If a **CONTINUING APPLICATION**, check appropriate box and supply the requisite information:☐ Continuation ☐ Divisional ☐ Continuation-in-part (CIP)

of prior application No. ____/____

18. CORRESPONDENCE ADDRESS☐ Customer Number or Bar Code Label

(Insert Customer No. or Attach bar code label here)

or ☒ Correspondence address below

NAME

Pollock, Vande Sande & Amernick, R.L.L.P.

ADDRESS

Suite 800

1990 M Street, N.W.

CITY

Washington

STATE

DC

ZIP CODE

20036-3425

COUNTRY

U.S.A

TELEPHONE

(202) 331-7111

FAX

(202) 293-6229

Fee Calculation and Transmittal

(Col 1)		(Col 2)		(Col 3)		SMALL ENTITY		OR	NON-SMALL ENTITY	
NO. FILED				NO. EXTRA	RATE	FEE	RATE		FEE	
TOTAL	62	minus	20	= 42	x9=	\$			x18=	\$756
INDEP	1	minus	3	= 0	x39=	\$			x78=	\$0
___ First Presentation, Multiple Dependent Claims					+130=	\$			+260=	\$0
Base Filing Fee							\$380			\$760
Other Fee (specify purpose) <u>Assignment recordation</u>							\$			\$40
TOTAL FILING FEE* (accounting for possible small entity status)							\$	OR TOTAL		\$1,556

- ☒ A check in the amount of \$40.00 to cover the Assignment recordation fee is enclosed.
- ☒ Full payment of the filing fee, and any surcharge connected therewith, will be made when the English translation is submitted in response to the Notice to File Missing Parts.
- ☒ The Commissioner is hereby authorized to charge and credit Deposit Account No. 22-0185 as described below. A duplicate copy of this sheet is enclosed.
- ☐ Charge the amount of _____ as filing fee
☒ Credit any overpayment.
☐ Charge any additional filing fees required under 37 CFR § 1.16 and 1.17
☐ Charge the Issue Fee set in 37 CFR § 1.18 at the mailing of the Notice of Allowance, pursuant to 37 CFR § 1.311(b)

Name (Print/Type)	Elzbieta Chlopecka	Registration No. (Attorney/Agent)	32,767
Signature	<i>Elzbieta Chlopecka</i>	Date	11-09-99

SCANNED

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE
APPLICATION FOR LETTERS PATENT

Title : CHEMICAL SUPPLY SYSTEM

Inventor(s) : Takahisa NITTA
Nobuhiro MIKI
Yoshiaki YAMAGUCHI

【発明の背景】 (Background of the Invention)

〔発明の分野〕 (Field of the Invention)

本発明は、薬液を所望量だけ正確に供給する薬液供給ポンプ、薬液供給装置及び薬液供給システム（薬液供給方法）に関し、特に半導体ウェハ等を洗浄する基板洗浄装置（基板洗浄方法）に適用して好適である。

〔関連技術の説明〕 (Description of the Related Art)

従来、半導体ウエットプロセスにおいては、超純水や薬液からなる洗浄液により洗浄等の処理を行う基板洗浄装置が用いられる。このような基板洗浄装置としては、基板毎に装着し、当該基板を円周方向に回転させながら洗浄液を供給する基板枚葉スピン洗浄装置が注目されている。

従来の基板洗浄装置では、洗浄に必要な各種薬液を所望の濃度で用意しておくための複数の大型の洗浄液貯蔵タンクを設けることが必須とされていた。従ってこの場合、装置全体としては必然的に極めて大規模且つ複雑なものとなる。

また、上記のように必要な洗浄液の種類に応じて複数の洗浄液貯蔵タンクを用意する必要性から、洗浄液の調合時にパーティクルが混入し易く、更には基板洗浄装置の複雑化に起因する各種接液部からのパーティクルや（メタル）コンタミネーションの発生が問題視されている。

このように現在のところ、基板洗浄装置の高速洗浄化に伴う装置全体の大規模化や複雑化を避けることは困難であり、洗浄液へのパーティクル混入等を防止する技術の確立が強く望まれている現況にある。

【発明の要約】 (Summary of the Invention)

本発明の目的は、薬液貯蔵槽（薬液貯蔵タンク）を含む洗浄液供給系の大幅な小型化・簡易化を図るとともに、洗浄に必要なときに正確な薬液濃度の洗浄液を簡易且つ迅速に調合し供給することを可能とし、パーティクル等の発生及び洗浄液への混入を極限まで抑止することを実現する薬液供給ポンプ、薬液供給装置、薬液供給システム、基板洗浄装置、薬液供給方法、及び基板洗浄方法を提供する

ことにある。

上記目的を達成するために、本発明の薬液供給ポンプは、所定薬液を通過させる流路が形成され、前記流路の流入口に前記薬液の圧力上昇により閉じる吸引弁が、前記流路の流出口に前記薬液の圧力下降により閉じる吐出弁がそれぞれ設けられてなる薬液供給ポンプであって、前記流路における接液面の少なくとも一部が前記薬液に対する不透過性且つ高耐蝕性の緻密部材からなるとともに、前記緻密部材の一部が可動壁とされており、前記可動壁と連結する加振器を備え、前記加振器の駆動により前記可動壁をその壁面とほぼ直交する方向に振動させて前記流路の体積を周期的に変化させる。

本発明の薬液供給装置は、薬液供給ポンプと、前記薬液が混合する溶媒の通路である供給流路と前記薬液供給ポンプとを連結する連結流路とを備え、前記連結流路内に前記供給流路と直接連結する細管部材が設けられている。前記薬液供給ポンプは、所定薬液を通過させる流路が形成され、前記流路の流入口に前記薬液の圧力上昇により閉じる吸引弁が、前記流路の流出口に前記薬液の圧力下降により閉じる吐出弁がそれぞれ設けられてなり、前記流路における接液面の少なくとも一部が前記薬液に対する不透過性且つ高耐蝕性の緻密部材からなるとともに、前記緻密部材の一部が可動壁とされており、前記可動壁と連結する加振器を備え、前記加振器の駆動により前記可動壁をその壁面とほぼ直交する方向に振動させて前記流路の体積を周期的に変化させるものである。前記薬液供給装置は、前記薬液供給ポンプの駆動により、前記細管部材から前記供給流路を通過する前記溶媒内に前記薬液を吐出し、所望濃度の混合溶液を調合する。

本発明の薬液供給システムは、移動容易な少なくとも一種の薬液貯蔵槽と、前記薬液貯蔵槽に対応して連結する薬液供給装置と、前記供給流路とを備える薬液供給システムである。前記薬液供給装置は、薬液供給ポンプと、前記薬液が混合する溶媒の通路である供給流路と前記薬液供給ポンプとを連結する連結流路とを備え、前記連結流路内に前記供給流路と直接連結する細管部材が設けられている。前記薬液供給ポンプは、所定薬液を通過させる流路が形成され、前記流路の流入口に前記薬液の圧力上昇により閉じる吸引弁が、前記流路の流出口に前記薬液

の圧力下降により閉じる吐出弁がそれぞれ設けられてなり、前記流路における接液面の少なくとも一部が前記薬液に対する不透過性且つ高耐蝕性の緻密部材からなるとともに、前記緻密部材の一部が可動壁とされており、前記可動壁と連結する加振器を備え、前記加振器の駆動により前記可動壁をその壁面とほぼ直交する方向に振動させて前記流路の体積を周期的に変化させるものである。前記薬液供給装置は、前記薬液供給ポンプの駆動により、前記細管部材から前記供給流路を通過する前記溶媒内に前記薬液を吐出し、所望濃度の混合溶液を調合するものである。前記薬液供給システムは、前記薬液供給装置の前記薬液供給ポンプの駆動により、前記供給流路の端部に設けられた吐出部から所望濃度とされた前記混合溶液を吐出する。

本発明の基板洗浄装置は、設置された基板に洗浄液を供給して洗浄する基板洗浄装置であって、薬液供給システムを備える。前記薬液供給システムは、移動容易な少なくとも一種の薬液貯蔵槽と、前記薬液貯蔵槽に対応して連結する薬液供給装置と、供給流路とを備える。前記薬液供給装置は、前記薬液供給ポンプの駆動により、前記細管部材から前記供給流路を通過する前記溶媒内に前記薬液を吐出し、所望濃度の混合溶液を調合するものであり、薬液供給ポンプと、前記薬液が混合する溶媒の通路である供給流路と前記薬液供給ポンプとを連結する連結流路とを備え、前記連結流路内に前記供給流路と直接連結する細管部材が設けられている。前記薬液供給ポンプは、所定薬液を通過させる流路が形成され、前記流路の流入口に前記薬液の圧力上昇により閉じる吸引弁が、前記流路の流出口に前記薬液の圧力下降により閉じる吐出弁がそれぞれ設けられてなり、前記流路における接液面の少なくとも一部が前記薬液に対する不透過性且つ高耐蝕性の緻密部材からなるとともに、前記緻密部材の一部が可動壁とされており、前記可動壁と連結する加振器を備え、前記加振器の駆動により前記可動壁をその壁面とほぼ直交する方向に振動させて前記流路の体積を周期的に変化させるものである。前記基板洗浄装置は、前記混合溶液を前記洗浄液として用いる。

本発明の薬液供給方法は、薬液供給ポンプを用いた薬液供給方法であって、前記薬液供給ポンプは、所定薬液を通過させる流路が形成され、前記流路の流入口に前記薬液の圧力上昇により閉じる吸引弁が、前記流路の流出口に前記薬液の圧

力下降により閉じる吐出弁がそれぞれ設けられてなり、前記流路における接液面の少なくとも一部が前記薬液に対する不透過性且つ高耐蝕性の緻密部材からなるとともに、前記緻密部材の一部が可動壁とされており、前記可動壁と連結する加振器を備え、前記加振器の駆動により前記可動壁をその壁面とほぼ直交する方向に振動させて前記流路の体積を周期的に変化させるものであり、前記薬液供給ポンプを駆動して、前記薬液を前記供給流路を通過する溶媒内に吐出し、所望濃度の混合溶液を調合する。

本発明の基板洗浄方法は、設置された基板に洗浄液を供給して洗浄する基板洗浄方法であって、所定薬液を通過させる流路が形成され、前記流路の流入口に前記薬液の圧力上昇により閉じる吸引弁が、前記流路の流出口に前記薬液の圧力下降により閉じる吐出弁がそれぞれ設けられてなり、前記流路における接液面の少なくとも一部が前記薬液に対する不透過性且つ高耐蝕性の緻密部材からなるとともに、前記緻密部材の一部が可動壁とされており、前記可動壁と連結する加振器を備え、前記加振器の駆動により前記可動壁をその壁面とほぼ直交する方向に振動させて前記流路の体積を周期的に変化させる薬液供給ポンプを用い、前記薬液供給ポンプを駆動して、前記薬液を前記供給流路を通過する溶媒内に吐出し、所望濃度の混合溶液を調合して、前記混合溶液を前記洗浄液として用いて前記基板表面を洗浄する。

本発明の薬液供給システムは、薬液が溶媒に混合希釈されてなる混合溶液を供給する薬液供給システムであって、高濃度の前記各薬液が貯蔵される移動容易な少なくとも1種の薬液貯蔵槽と、所定量の前記薬液を前記薬液貯蔵槽から吸引して送出する薬液供給手段と、前記薬液供給手段と連結された前記溶媒の流路を形成し、端部に前記溶液の吐出部を有する配管系とを備え、使用時において、必要量の前記薬液を前記配管系内を流動する前記溶媒に混合させ、所望濃度の前記混合溶液を生成し、前記吐出部から当該混合溶液を供給する。

本発明の薬液供給ポンプは、加振器により可動壁を駆動制御して振動させ、その押圧により薬液を吐出するものであり、所望量の薬液を正確に吐出供給することができる。ここで、接液面の少なくとも一部が薬液に対する不透過性且つ高耐

蝕性の緻密部材、好ましくはアモルファスカーボンを用いる。このアモルファスカーボンは、その気孔率の制御が容易な材料であり、気孔率をほぼ0のものは極めて優れた不透過性且つ高耐蝕性を示す。従って、このアモルファスカーボンを接液面の重要部分に設けることにより、薬液の供給量制御がより正確となり、しかもパーティクル等の薬液内への混入が抑止される。

更に本発明では、この薬液供給ポンプを構成要素とする薬液供給装置を提供する。この薬液供給装置は、薬液供給ポンプの駆動により供給流路を通過する超純水を代表とする溶媒に細管部材から薬液を混合するものであり、種々の濃度の混合溶液を必要に応じて容易に調合することができる。ここで、薬液の吐出方向が前記溶媒の流動方向とほぼ直交する方向である場合には、細管部材から吐出する薬液の線速度が供給流路を通過する溶媒の線速度より十分に大きくなるような押圧を薬液に与えることにより、薬液が溶媒内で供給流路の対向壁面まで到達し、均一な濃度の混合溶液が瞬間的に調合されることになる。

更に本発明では、この薬液供給装置を構成要素とし、前記混合溶液を供給するための薬液供給システムを提供する。この薬液供給システムでは、上述のように必要に応じた所望濃度の混合溶液の生成が可能であるため、原液である薬液の貯蔵槽は移動容易な小型のもので足りる。即ち、この薬液供給システムにおいては、従来のように薬液濃度や種類の異なる極めて大型の混合溶液の貯蔵槽を用意する必要がなく、混合溶液へのパーティクル混入等を抑止できるのみならず、システム全体の規模の大幅な縮小化・簡易化が実現される。従って、この薬液供給システムを例えば基板洗浄装置に適用することにより、濃度や種類の異なる種々の清浄な洗浄液（混合溶液）を迅速且つ容易に供給することが可能となる。

従って、本発明によれば、薬液貯蔵槽（薬液貯蔵タンク）を含む洗浄液供給系の大幅な小型化・簡易化を図るとともに、洗浄に必要なときに正確な薬液濃度の洗浄液を簡易且つ迅速に調合し供給することが可能となり、パーティクル等の発生及び洗浄液への混入を極限まで抑止することが実現する。

【図面の簡単な説明】 (Brief Description of the Drawings)

図1は、第1の実施例に係る薬液供給システムを含むウェハ枚葉スピン洗浄装

置の一例を示す模式図である。

図 2 は、第 1 の実施例に係るウェハ枚葉スピン洗浄装置の構成要素である洗浄チャンバーの一例を示す概略断面図である。

図 3 は、薬液供給システムの構成要素である薬液供給ポンプを示す概略正面図である。

図 4 は、図 3 中一点鎖線 I - I' に沿った概略断面図である。

図 5 は、図 3 中一点鎖線 II - II' に沿った概略断面図である。

図 6 は、図 3 中一点鎖線 III - III' に沿った概略断面図である。

図 7 は、薬液供給システムの構成要素である薬液供給ポンプの流路近傍を示す概略断面図である。

図 8 は、薬液供給ポンプの構成要素である可動壁を示す概略断面図である。

図 9 は、可動壁の好適な他の例を示す概略断面図である。

図 10 は、可動壁の補助部材を示す概略斜視図である。

図 11 は、薬液供給ポンプの構成要素である駆動伝達手段及び可動壁にかかる反作用の様子を示す概略断面図である。

図 12 は、薬液供給ポンプが駆動する際の流路近傍を示す概略断面図である。

図 13 は、薬液と超純水との混合点における薬液拡散パターンを示す模式図である。

図 14 は、薬液供給装置が複数設けられた場合を示す模式図である。

図 15 は、パーティクル等の混入防止機構の具体的な一例を示す模式図である。

図 16 は、パーティクル等の混入防止機構の具体的な他の例を示す模式図である。

図 17 は、パーティクル等の混入防止機構の具体的な更に他の例を示す模式図である。

図 18 は、気泡・破損検出機構の具体的な一例を示す模式図である。

図 19 は、気泡・破損検出機構による静電容量のモニターを示す特性図である。

図 20 は、気泡・破損検出機構の具体的な他の例を示す模式図である。

図 2 1 は、洗浄液濃度調整機構の具体的な一例を示す模式図である。

図 2 2 は、薬液混合機構の一例を示す概略断面図である。

図 2 3 は、薬液混合機構の他の例を示す概略断面図である。

図 2 4 は、薬液混合機構の更に他の例を示す概略断面図である。

図 2 5 は、薬液混合機構の更に他の例を示す概略断面図である。

図 2 6 は、図 2 5 の薬液混合機構の先端部位を拡大して示す概略断面図である。

図 2 7 は、薬液量調節機構を示す模式図である。

図 2 8 は、液面調節手段を示す模式図である。

図 2 9 は、液面調節手段の動作原理を説明するための模式図である。

図 3 0 は、洗浄液の液面高さと容量との関係を示す特性図である。

図 3 1 は、薬液供給ポンプによる薬液吐出・吸引の振動態様を示す特性図である。

図 3 2 は、溶存ガスとして考えられる空気、窒素及び酸素について、温度と発泡量の関係を示す特性図である。

図 3 3 は、薬液供給ポンプに冷却手段が設置された様子を示す概略断面図である。

図 3 4 は、脱ガスモジュールの構成要素である隔膜管を示す模式図である。

図 3 5 は、第 2 の実施例の基板洗浄装置の全体構成を示す概略断面図である。

【好適実施例の詳細な説明】

(Detailed Description of the Preferred Embodiments)

以下、本発明の基板洗浄装置の具体的な諸実施例について図面を参照しながら詳細に説明する。

(第 1 の実施例)

本実施例の基板洗浄装置は、ウェハ毎に装着し、当該ウェハを円周方向に回転させながら洗浄液を供給するものであり、半導体ウェハ等のウェット洗浄プロセ

スにおいて広範囲の機能を実現できるウェハ枚葉スピン洗浄装置である。

図 1 は、本実施例の基板洗浄装置の全体構成を示す概略断面図である。

この基板洗浄装置は、基板（ウェハ）11が設置されて洗浄が行なわれる洗浄チャンバー1と、所望の薬液濃度の洗浄液を生成して供給する薬液供給システム2とを備えて構成されている。

洗浄チャンバー1は、図2に示すように、洗浄するウェハ11が収められる閉空間を形成しており、ウェハ11の搬出入部位となるゲートバルブ12を備えている。この洗浄チャンバー1は、ウェハ11を側面から保持するウェハ保持ピン13を有し、固定されたウェハ11を図2中矢印の方向に回転させる回転駆動モータを備えたウェハ設置手段14と、ウェハ設置手段14を側方から包囲するように設けられた洗浄液衝突緩衝板15とを備えて構成されている。ここで、洗浄液衝突緩衝板15は必ずしも必要とは限らず、洗浄チャンバーの形状に多少の曲面を持たせることにより、洗浄液衝突緩衝板15の役割を代替せしめることも可能である。

なお、洗浄チャンバー1内には、 N_2 ガス又は不活性ガス等を供給するためのノズル（不図示）が設けられており、洗浄後にウェハ11を乾燥させる際にウェハ11の表面、または表裏面同時に N_2 ガス等を吹き付けながら高速回転することによってウェハ11を乾燥させたり、洗浄チャンバー1内を高濃度の N_2 ガス又は不活性ガス等で置換した状態でウェハ11の洗浄を行なうことなどができる。

薬液供給システム2は、洗浄用の薬液が原液の状態で貯蔵される薬液貯蔵タンク21と、薬液貯蔵タンク21と連結され、薬液供給を能動的に行なう薬液供給装置22と、薬液供給装置22と連結され、薬液が混合する超純水の通路となる供給流路を形成する配管系23と、洗浄チャンバー1内で設置されるウェハ11の表面と対向するように配管系23の端部に設けられ、前記表面に洗浄液を供給する一対の吐出ノズル24、25と、吐出ノズル24、25から供給する洗浄液の濃度や流量等の各種状態を調節するための制御系26とを備えて構成されている。

薬液貯蔵タンク21は、高濃度の原液状態の薬液、ここでは例えばフッ化水素

酸（HF）が貯蔵されており、搬入・搬出等の移動容易な小型サイズのものである。この薬液貯蔵タンク 2 1 は、薬液の種類等に応じて複数設けられる場合もある。

薬液供給装置 2 2 は、圧電効果を利用して薬液貯蔵タンク 2 1 から薬液を振動的に送り出す動作を行なうダイヤフラムポンプである薬液供給ポンプ 3 1 と、配管系 2 3 と薬液供給ポンプ 3 1 とを連結して連結流路を形成する連結管 3 2 と、連結管 3 2 内に配管系 2 3 の供給流路と直接連結する細管部材（キャピラリー）3 3 とを備えて構成されている。

薬液供給ポンプ 3 1 は、図 3 ～図 6 及び図 7 に示すように、薬液を通過させる流路 4 1 が形成され、この流路 4 1 の流入口に薬液の圧力上昇により閉じる吸引弁 4 2 が、流路 4 1 の流出口に薬液の圧力下降により閉じる吐出弁 4 3 がそれぞれ設けられてなるものである。ここで、流路 4 1 における接液面の一部を構成する一対の対向する側壁 4 4、4 5 が薬液に対する不透過性且つ高耐蝕性の緻密部材、ここでは導電性部材であるアモルファスカーボンを主材料としてなり、側壁 4 4 が可動壁とされている。なお、前記緻密部材としては、アモルファスカーボンの代わりにセラミクスやサファイヤを用いてもよい。

そして、この薬液供給ポンプ 3 1 は、この側壁（可動壁）4 4 と連結し、当該可動壁 4 4 をその壁面とほぼ直交する方向に振動させて流路 4 1 の体積を周期的に変化させる加振器である圧電振動子 4 6 と、可動壁 4 4 と圧電振動子 4 6 との間に設けられ、圧電振動子 4 6 からの振動を可動壁 4 4 へ伝達する駆動伝達手段 4 7 と、圧電振動子 4 6 が縮み方向には圧力を発生できないことを考慮した手段であり、駆動伝達手段 4 7 を弾発付勢するスプリング 4 8 とを備えて構成されている。

側壁 4 4、4 5 の主材料であるアモルファスカーボンは、上記の如く不透過性且つ高耐蝕性を有しており、ウェハ 1 1 の洗浄に用いられる薬液、特にフッ化水素酸や過酸化水素水、オゾン等の酸化剤に対して全く汚染を受けない性質を持つ。ここで用いるアモルファスカーボンとしては、均質アモルファスカーボンや繊維状アモルファスカーボン、または両者の複合材料が好ましい。均質アモルファスカーボンは、気孔のない緻密な等方性組織を有し、ガスバリアー性及び液体遮

断性に優れた材料であり、用途に応じて気孔率の制御も可能である。繊維状アモルファスカーボンは、3次元の骨格組織を有する炭素多孔体であり、気孔の均一性を持ったポーラスカーボンである。

ここで、アモルファスカーボンの不透過性・高耐蝕性を調べた実験例について説明する。この実験は、気孔率が0%であるアモルファスカーボン配管（外径約6mm、内径約4mm）を用いて、フッ酸原液から希フッ酸調整系への供給ラインを構築し、使用を重ねた場合の各種金属の溶出度を調べたものである。実験結果を以下の表に示す。

溶出成分濃度：ppd

溶出成分	A l	C a	M g	N a	F e	N i	C r	T i
1週間後成分濃度	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
1ヵ月後成分濃度	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1

試料面積：40×10×2（mm） HF50%使用量：1（kg）

このように、1ヵ月にわたる長期使用を重ねても、濃厚フッ酸原液（HF50%）に全く溶出成分を与えないことが分かる。従って、このアモルファスカーボンを用いることにより高純度希フッ酸の調整が可能となる。

フッ素樹脂で構築される従来の薬液供給システムは、フッ素樹脂中のHF分子の拡散が避けられないため、長期的には微量HF拡散を抑止できないという欠陥があった。本実施例のように、アモルファスカーボンを接液部に適用することにより、この問題を解決することができる。

可動壁44は、ダイヤフラムとして機能するものであり、図8（b）に示すように、中心から周縁へ向かうにつれて厚くなる形状とされている。この形状は、可動壁44の受ける圧力が最大となる部位が中心近傍であり、ここが特に繰り返し変形する部分となることに加え、固定部となる周縁近傍の補強を考慮して、一

部位にかかる機械的応力を分散するための最適形状である。図 8 (a) に示すように、例えば可動壁 4 4 を均一な厚みとした場合、機械的応力が中心近傍に集中して耐久性を損なうおそれがある。なお、図 9 に示すように、可動壁 4 4 を中心から周縁へ向かうにつれて厚くなるとともに、断面が図中で左右対称形状となるように形成しても好適である。

更に、図 10 に示すように、可動壁 4 4 と駆動伝達手段 4 7 との間に、当該駆動伝達手段 4 7 からの圧力を可動壁 4 4 に均一に伝達して機械的応力を分散するための補助部材 5 1 が設けられている。この補助部材 5 1 の具体例としては、図 10 (a) のように、ゴム又は弾性接着剤からなり、圧力に応じた形状の同心円状のリング群 5 1 a や、図 10 (b) のように、リング群 5 1 a と同様の効果を奏するシート 5 1 b 等が好ましい。

駆動伝達手段 4 7 は、SUS 製のものであり、図 11 (a) に示すように、可動壁 4 4 に対する直接的な振動伝達部位（中心近傍）を押圧した際に薬液から受ける反作用を見込んで、中心近傍及び前記反作用の大きい部位が厚く形成されている。即ち、図 11 (b) に示すように、可動壁 4 4 の中心近傍に最大圧力が作用すると流路 4 1 内の薬液からの反作用は可動壁 4 4 の周縁近傍で最大となる。そこでこの反作用を見込んで、駆動伝達手段 4 7 を図示の如く中心近傍 4 7 a に続いて周縁近傍 4 7 b の厚みが大きい形状とすれば、可動壁 4 4 に作用する圧力は全体的にほぼ均一となる。なおこの場合、補助部材 5 1 に図 11 (a) 中で上下方向の力による変形を可及的に抑止するため、補助部材 5 1 に切り込み等を施すことが好ましい。

この薬液供給ポンプ 3 1 の動作は以下の通りである。ダイヤフラムである可動壁 4 4 が図 7 中右側へ移動したときには、流路 4 1 は負圧となって吐出弁 4 3 が閉止状態となり、図 12 のように左側へ移動したときには、流路 4 1 は正圧となって吸引弁 4 2 が閉止状態となると共に吐出弁 4 3 が開放状態となって薬液が吐出される。ここで、圧電振動子 4 6 の駆動による可動壁 4 4 の振動数は例えば 20 Hz 程度に制御することが好ましく、薬液の吐出圧力は例えば 1.5 kg/cm² 以上とすることが好適である。

細管部材であるキャピラリー 3 3 は、側壁 4 4、4 5 と同様のアモルファス力

ーポンを主材料としてなり、管径が例えばφ 0. 2 mm程度、吐出量が例えば0. 3 c c /秒とされている。薬液供給ポンプ 3 1 の振動駆動により、このキャピラリー 3 3 から配管系 2 3 内の超純水中へ薬液が吐出される。

配管系 2 3 は、上記の如き超純水の供給流路を形成しており、管径が例えばφ 5 mm程度、流量が例えば3. 4 リットル / 分程度とされている。この配管系 2 3 には、当該配管系 2 3 内を通過する超純水の流量を調節する流量調節手段 3 4、当該配管系 2 3 内を通過する洗浄液の濃度を調節する濃度調節手段 3 5、及び配管系 2 3 のキャピラリー 3 3 との連結部位に配され、洗浄液に回転流を生ぜしめて攪拌し、当該洗浄液を均一化させる混合手段 3 6 が設けられている。これら流量調節手段 3 4、濃度調節手段 3 5 及び混合手段 3 6 については後に詳述する。配管系 2 3 内への薬液の吐出条件は以下のようになる。

一般的に、管内を通過する流体のどの断面をとっても単位時間当たりの通過量が一定であるような流れを定常流と称する。定常流には層流と乱流の2つの形態がある。層流は、流線が流路軸に対して直線形状を保つ流れであり、流量は比較的小さい。他方、乱流は、流線が不規則に渦巻く状態となる流れであり、流量は比較的大きい。層流と乱流の現れる条件は所謂レイノルズ数で分類されることが知られている。レイノルズ数が2 0 0 0 以下のときには攪乱を加えて流線を乱してみても下流は層流に戻ってしまう。レイノルズ数が2 3 0 0 ~ 3 0 0 0 である範囲が層流と乱流の境界（臨界レイノルズ数）と見做されている。

ここで、レイノルズ数を R （無次元）、管の内径を D （c m）、液の線速度を u （c m / 秒）、液の動粘度を ν （c m² / 秒）、液の粘度を η （d y n · 秒）、液の密度を ρ （g / c m³）とすると、レイノルズ数 R は、

$$\begin{aligned} R &= D \cdot u / \nu \\ &= D \cdot u \cdot \rho / \eta \end{aligned}$$

となる。

図 1 3 は、本実施例における薬液と超純水との混合点 P における薬液拡散パターンを示す模式図である。

先ず、比較例としてキャピラリー 3 3 を用いずに配管系 2 3 に連結管 3 2 を直接接続したときの薬液拡散パターンを図 1 3（a）に示す。この場合、薬液の線

速度に比して超純水の線速度が大きいため、超純水の層流は乱されることなく、薬液は管壁に沿って非拡散状態のまま輸送されてしまう。

それに対して本実施例の場合は、図 13 (b) に示すように、キャピラリー 33 の選定により、キャピラリー 33 から吐出する薬液の線速度が超純水の線速度より十分に大きくなるような押圧（例えば、超純水の流速の約 10 倍の流速で注入される圧力）を薬液供給ポンプ 31 によって薬液に与えることにより、薬液が超純水内で配管系 23 の対向壁面まで到達する。このときの薬液拡散パターンは、側面からみれば、超純水の層流によって流出方向に引き伸ばされた形状となり、正面からみれば、薬液流の先端が対向壁面への衝突により曲げられた形状となり、上面からみれば、薬液流の先端が対向壁面への衝突により両側に分かれて更に流出方向に引き伸ばされた形状となる。即ちこの場合、薬液と超純水との混合溶液（洗浄液）が均一な濃度に調合され、配管系 23 を通って輸送されることになる。

制御系 26 は、薬液供給ポンプ 31 の薬液の超純水への供給量を調節するとともに、流量調節手段 34 を駆動する薬液供給制御手段 37 と、濃度調節手段 35 を駆動する濃度制御手段 38 とを備えている。そして、薬液供給制御手段 37 と濃度制御手段 38 とが連結され、濃度制御手段 38 による濃度制御の結果が薬液供給制御手段 37 にフィードバックされて薬液供給ポンプ 31 を制御し、薬液の供給量が調節される。なお、後述する各種の付加機構の制御も制御系 26 によってなされる。

なお、薬液供給装置 22 は、図 14 に示すように、その薬液の種類等に応じて複数設置される場合もある（図示の例では A, B, C の 3 つ）。この場合、各薬液供給装置 22 が任意に駆動して、所望順序で各薬液を配管系 23 の供給流路内を通過する超純水に混合し、各々所望の洗浄液が順次吐出ノズル 24, 25 からウェハ 11 表面に供給されることになる。

このように、本実施例の基板洗浄装置においては、先ず薬液供給ポンプ 31 により、圧電振動子 46 が可動壁 44 を駆動制御して振動させ、その押圧により薬液を吐出するものであり、所望量の薬液を正確に吐出供給することができる。ここで、接液面の少なくとも一部が薬液に対する不透過性且つ高耐蝕性の緻密部材

、好ましくはアモルファスカーボンを用いる。このアモルファスカーボンは、その気孔率の制御が容易な材料であり、気孔率をほぼ0のものは極めて優れた不透過性且つ高耐蝕性を示す。従って、このアモルファスカーボンを接液面の重要部分に設けることにより、薬液の供給量制御がより正確となり、しかもパーティクル等の薬液内への混入が抑止される。

更に本実施例では、この薬液供給ポンプ31を構成要素とする薬液供給装置22を提供する。この薬液供給装置22は、薬液供給ポンプ31の駆動により配管系23を通過する超純水にキャピラリー33から薬液を混合するものであり、種々の濃度の混合溶液（洗浄液）を必要に応じて容易に調合することができる。ここで、薬液の吐出方向が超純水の流動方向とほぼ直交する方向である場合には、細管部材から吐出する薬液の線速度が配管系23を通過する超純水の線速度より十分に大きくなるような押圧を薬液に与えることにより、薬液が超純水内で配管系23の対向壁面まで到達し、均一な濃度の混合溶液が瞬間的に調合されることになる。

更に本実施例では、薬液供給装置22を構成要素とし、洗浄液を供給するための薬液供給システム2を提供する。この薬液供給システム2では、上述のように必要に応じた所望濃度の洗浄液の生成が可能であるため、原液である薬液の貯蔵槽21は移動容易な小型のもので足りる。即ち、この薬液供給システム2においては、従来のように薬液濃度や種類の異なる極めて大型の混合溶液の貯蔵槽を用意する必要がなく、洗浄液へのパーティクル混入等を抑止できるのみならず、システム全体の規模の大幅な縮小化・簡易化が実現される。従って、この薬液供給システム2を備えた本例の基板洗浄装置では、濃度や種類の異なる種々の清浄な洗浄液を迅速且つ容易に供給することが可能となる。

本実施例の基板洗浄装置では、上述のように構成された薬液供給システムに、更なるパーティクル発生等の抑止や洗浄液の薬液濃度の正確性を期すため、以下に示すような種々の付加機構を設ける。

先ず、配管系23内の超純水への薬液注入を停止する際における残存薬液の混入防止機構（薬液吐出停止手段）39について説明する。

図15は、混入防止機構39の具体的な一例を示す模式図である。ここでは、

電熱機構を持った所謂サックバックデバイスを例示する。このサックバックデバイス 6 1 は、アモルファスカーボンを主材料としてなり、連結管 3 2 の一部を被覆するように設けられている。このサックバックデバイス 6 1 には薬液供給ポンプ 3 1 の駆動・停止と同期する電源 6 2 が接続されており、薬液の供給時には電源 6 2 がオンの状態でサックバックデバイス 6 1 の伝熱機構によりサックバックデバイス 6 1 近傍の薬液が所定温度に加熱されている。薬液供給ポンプ 3 1 が停止すると、それに同期して電源 6 2 がオフとなるが、超純水の流動により発生する圧力がキャピラリー 3 3 を介して薬液供給ポンプ 3 1 の吐出弁 4 3 を閉じるので、薬液が自然冷却により若干収縮し、それに伴ってキャピラリー 3 3 から薬液供給ポンプ 3 1 側に配管系 2 3 内の超純水が若干量吸引される。これにより、キャピラリー 3 3 内の少なくとも配管系 2 3 内の超純水と直接的に接する部位内が超純水と置換され、薬液が配管系 2 3 内の超純水と完全に遮断されることになる。

また、サックバックデバイス 6 1 の代わりに圧搾機構を有するサックバックデバイスを設けてもよい。この場合、例えばプラスチック製のサックバックデバイスにソレノイドを巻回形成し、薬液供給ポンプ 3 1 の停止に同期してソレノイドへの電流をオフするように構成する。通常ソレノイドは電流のオフにより径方向に若干膨張し、これによりキャピラリー 3 3 から超純水が若干量吸引されることになる。

また、図 1 6 に示すように、キャピラリー 3 3 が導電性を有することを利用して、キャピラリー 3 3 に薬液供給ポンプ 3 1 の駆動・停止と同期する電気ヒータ 6 3 を設けてもよい。この場合、上記のサックバックデバイス 6 1 の機能と同様に、薬液供給ポンプ 3 1 が停止に同期して電気ヒータ電源 6 3 がオフになると薬液が自然冷却により若干収縮し、それに伴ってキャピラリー 3 3 から薬液が若干量吸引されて配管系 2 3 内の超純水と完全に遮断される。なお、このキャピラリー 3 3 を用いた混入防止機構は、上記のサックバックデバイスと併用しても好適である。

また、図 1 7 に示すように、キャピラリー 3 3 の近傍における連結管 3 2 の一部に直接連結するとともに、配管系 2 3 のキャピラリー 3 3 の連結部位より超純

水の上流に相当する部位と連結する連結管 5 2 を有し、連結管 5 2 内に配管系 2 3 の当該部位と直接連結する他の細管部材であるキャピラリー 4 0 を設けて混入防止機構 3 9 を構成してもよい。この場合、混入防止機構 3 9 は、薬液供給ポンプ 3 1 の停止に同期してバルブ 5 3 が開き、キャピラリー 4 0 から連結管 3 2 内に超純水を供給して、当該連結管 3 2 内に残存する薬液を配管系 2 3 側に押し出すように稼働する。このとき、薬液供給ポンプ 3 1 と一体に設けられた逆止弁 5 4（図 1 7 では、便宜上逆止弁 5 4 のみを示す。）が存するために当該薬液供給ポンプ 3 1 側には残存薬液は流れず、キャピラリー 3 3 側へ流れる。これにより、残存薬液は配管系 2 3 側に押し出されることになる。そして、薬液供給ポンプ 3 1 の稼働開始に同期してバルブ 5 3 が閉じ、バルブ 5 3 とキャピラリー 4 0 との間の連結管 5 2 に設けられた逆止弁 5 5 の作用により、薬液が連結管 5 2 内に流れ出すことが防止される。この混入防止機構 3 9 によれば、容易且つ確実に残存する薬液が配管系 2 3 内に拡散することを防止することができる。

次に、薬液供給における薬液内の気泡発生や、薬液供給ポンプ 3 1 の駆動により最もダメージを受けやすい可動壁 4 4 等の破損を検出する機構について説明する。

図 1 8 は、気泡・破損検出機構の具体的な一例を示す模式図である。

この気泡・破損検出機構 7 1 は、薬液供給ポンプ 3 1 の側壁 4 4、4 5 が導電性を有することを利用して、これらに対向電極と見做して流路 4 1 内の薬液を誘電体とするキャパシタを構成し、このキャパシタの静電容量を対向電極に接続した静電容量モニター 7 2 によりモニターするものである。なおこの場合、側壁 4 4、4 5 の確実なキャパシタ機能を確保するため、側壁（可動壁）4 4 の固定部（この部分もアモルファスカーボンで構成する。）に絶縁材料 7 3 を挿入することが好ましい。

気泡・破損検出機構 7 1 による検出動作を図 1 9 を用いて説明する。

先ず、気泡や破損が発生しなければ、図 1 9（a）のように静電容量 C はほぼ一定値を示す。そして、例えば流路 4 1 内の薬液に気泡が発生すると、図 1 9（b）のように流路 4 1 を通過する時間だけ静電容量 C が低下することになる。また、可動壁 4 4 に破損が生じると、図 1 9（c）のように破損時を境に静電容量

Cが低下し所定値でほぼ定常状態となる。このように、静電容量Cをモニターすることにより、気泡や破損の発生を容易に検知することができる。

また、気泡検出機構の他の例としては、図20(a)に示すように、連結管32に設置される例えばリング状の一对の電極75と、各電極75と接続されるLCRメーター76とを備えて構成される気泡検出機構74がある。図20(b)を常態として、図20(c)に示すように各電極72間を通過する薬液内に気泡が発生すると、上記と同様にその時間だけ静電容量Cが低下する。そこで、気泡検出機構74を用いて静電容量Cをモニターすることにより、上記と同様に気泡の発生を容易に検知することができる。

次に、薬液供給ポンプ31から超純水への薬液の吐出量を制御して洗浄液の流動状態、即ち洗浄液が正常に流れているか否かをモニターする機構について説明する。

図21は、洗浄液流動検知機構の具体的な一例を示す模式図である。

この洗浄液流動検知機構81は、キャピラリー33と配管系23との接合部近傍において、キャピラリー33の管壁の両端にそれぞれ埋め込まれた一对のサーミスター温度検出端子82を備えており、薬液供給ポンプ31の駆動に同期して電気ヒータ83がキャピラリー33を所定温度に加熱するように構成されている。

この洗浄液流動検知機構81により各温度検出端子82間の温度差を測定し、これにより流量状態の変化を検知する。即ち、超純水は配管系23内を図21中矢印で示す方向に流動しており、各温度検出端子82間では薬液吐出量に応じた濃度勾配が生じる、この濃度勾配は温度の関数であるため、各温度検出端子82間の温度差を測定することにより、薬液吐出量が検知されることになる。このように、洗浄液流動検知機構81によれば、洗浄液の流動状態を常に好適な状態に制御することが可能となる。

次に、薬液供給ポンプ31における薬液又は薬液の蒸気による腐食を防止する機構について説明する。

図5及び図6は、腐食防止機構の具体的な一例を示す模式図（断面図：2方向）である。

薬液供給ポンプ 3 1 において、バイパス 4 9 がフッ素樹脂からなる部分を有し、また可動壁 4 4、側壁 4 5の間には極微小の隙間が形成される場合が考えられる。このような樹脂からなる比較的低耐蝕性の部位や隙間を形成する隅部位には薬液が溜まると、例えば薬液が H F であればそこから薬液の蒸気が発生し易く、腐食を招く一原因となるおそれがある。そこで、腐食防止機構を設けることで薬液又は薬液蒸気からの腐食を防止することができる。この腐食防止機構 9 1 は、比較的低耐蝕性の部位や隅部位、具体的には吸引弁 4 2、前記吐出弁 4 3 及び可動壁 4 4 の各々の周縁を含む各部位を通るキャリアガスの通気系 9 2（図 5 及び図 6 中、矢印で示す。）を備えて構成されている。この通気系 9 2 に N₂ ガス等を通気させることにより、比較的低耐蝕性の部位や隅部位に薬液が溜まることなく、流路 4 1 の規制された領域のみを薬液が通過することになる。従って、薬液や薬液蒸気による腐食を防止することができる。

次に、配管系 2 3 内を通過する超純水の流量を調節する流量調節手段 3 4 を用いた流量調節機構について説明する。

この流量調節手段 3 4 は、図 1 に示すように、供給流路 2 3 のキャピラリー 3 3 の連結部位より超純水の下流に相当する部位に設けられており、いわゆるカルマン渦の発生を利用して超純水又は洗浄液の流量を調節するものである。即ち、流れの中に何らかの障害物が存すると、その下流側にカルマン渦が発生するが、この渦の発生周波数は温度・圧力等に影響されずに広いレイノルズ数領域で流速に比例することが知られており、この渦の数を検出することで流量が計測できる。そして、流量調節手段 3 4 の計測結果が薬液供給制御手段 3 7 に伝達され、流量調節手段 3 4 の流量制御バルブの開閉が制御される。

次に、配管系 2 3 内を通過する洗浄液の濃度を調節する濃度調節手段 3 5 を用いた濃度調節機構について説明する。

この濃度調節手段 3 5 は、図 1 に示すように、供給流路 2 3 のキャピラリー 3 3 の連結部位より洗浄液の下流に相当する部位に設けられており、2 対の環状ソレノイド（交流を通じた励磁変圧器 T 1 及び検出変圧器 T 2）が樹脂でモールドされて構成されている。これを洗浄液中へ浸漬させることによって、洗浄液が 2 つの環状ソレノイドに対して、その各々と交わる閉回路が構成される。一方の環

状ソレノイドの励磁変圧器 T 1 に一定の交流電流を流すとコアに一定の次回が発生し、洗浄液にはその導電率に応じた電流が流れるので、他方の環状ソレノイドの検出変圧器 T 2 には要害電流に応じた次回が発生し、またコイルには誘導起電力が生じ、この誘導起電力が洗浄液の導電率に比例したものとなる。このように測定された導電率と洗浄液濃度（特に H F 濃度）とは極めて高い相関があり、予め得られた検量線より洗浄液濃度を高精度に求めることができる。そして、濃度調節手段 3 5 の計測結果が濃度制御手段 3 8 に伝達され、薬液供給制御手段 3 7 にフィードバックされて薬液供給ポンプ 3 1 に印加される電圧が調節されて洗浄液の流量制御がなされる。

次に、配管系 2 3 のキャピラリー 3 3 との連結部位に配され、洗浄液に回転流を生ぜしめて攪拌し、当該洗浄液を均一化させる混合手段 3 6 を用いた薬液混合機構について説明する。

この混合手段 3 6 の各種形態を図 2 2 及び図 2 3 に例示する。混合手段 3 6 は、円錐形状とされており、配管系 2 3 における当該混合手段 3 6 への流入部 3 6 a と流出部 3 6 b とが若干ずらして設けられている。キャピラリー 3 3 から薬液が供給されると、混合手段 3 6 の円錐形状及び流入部 3 6 a と流出部 3 6 b との位置的関係によって所定回転方向の回転流が生じる。これにより、薬液が超純水と均一となるように攪拌され、配管系 2 3 内を流動することになる。

ここで、図 2 2 (a) ではキャピラリー 3 3 から流路が拡大するような状態となるように円錐形状の混合手段 3 6 が設けられ、図 2 2 (b) では逆に流路が縮小するような状態となるように当該円錐形状が設けられている。また、図 2 2 (c) ではキャピラリー 3 3 と混合手段 3 6 とが若干離間するように設けられている。更に、図 2 3 (a) では流入部 3 6 a と流出部 3 6 b とが略直交するように設けられており、図 2 3 (b) では流入部 3 6 a と流出部 3 6 b が流れの方向が逆となるように設けられている。

図 2 4 ((a) は横断面図、(b) は縦断面図) に混合手段 3 6 の他の形態を示す。この混合手段 3 6 は、4 つの連結管 3 2 及びキャピラリー 3 3 が対称に連結されており、洗浄液の下流側へ向かうにつれて先細りの形状とされている。そして、その内壁面の流路に螺旋状のピッチ 3 6 c が形成されており、ピッチを洗

浄液が通過することにより当該洗浄液に回転流を生ぜしめて攪拌し、均一化を図る。

図 2 5 ((a) は横断面図、 (b) は縦断面図) に混合手段 3 6 の更に他の形態を示す。この混合手段 3 6 は、4 つの連結管 3 2 及びキャピラリー 3 3 が対称に連結されており、内壁面に沿った間隙 3 6 d と中心部の細管 3 6 e が洗浄液の流路とされ、間隙 3 6 d の一部に螺旋状のピッチ 3 6 c が形成されている。

そして、この混合手段 3 6 においては、図 2 6 に示すように、流出部 3 6 b が洗浄液の下流側へ向かうにつれて先細りの形状とされている。

このように、混合手段 3 6 により、配管系 2 3 内で生じがちな薬液の濃度ムラの発生を抑止し、確実に均一化された洗浄液を供給することが可能となる。

次に、薬液貯蔵タンク 2 1 の薬液量を所定値に調節する機構について説明する。

ここでは、薬液量調節機構として、薬液貯蔵タンク 2 1 を図 1 4 の如く複数 (図示の例では 3 つ) 設置する場合について例示する。各薬液貯蔵タンク 2 1 には、図 1 4 に示すように、薬液 A、B、C としてこの順に H F、H₂ O₂、界面活性剤が貯蔵されるものである。各々の薬液貯蔵タンク 2 1 (ここでは、3 つのうち薬液 A が貯蔵される薬液貯蔵タンク 2 1 を代表して例示する。) は、図 2 7 に示すように、十分な量の薬液が貯蔵された主タンク 2 1 a と、主タンク 2 1 a に連結されて当該主タンク 2 1 a から必要な量だけ薬液が供給される副タンク 2 1 b とを備えて構成されている。

各副タンク 2 1 b には、供給された薬液の液面高さを N₂ ガスの圧力により調節して薬液量を制御する液面調節手段 4 9 が設けられている。この液面調節手段 4 9 は、図 2 8 に示すように、例えばカーボンからなる一対の棒状センサ 4 9 a、4 9 b を有しており、以下に説明するように棒状センサ 4 9 a、4 9 b 間における薬液の静電容量を測定することで液面高さを得るものである。

ここで、液面調節手段 4 9 による液面高さ測定の原理について説明する。薬液の液面から棒状センサの下端までの距離を L、各棒状センサ間の離間距離を D とし、r 1、r 2、a、d、δ を図 2 9 に示すように定義する。この場合、

$$\delta / a = a / d = r 1 / r 2$$

が成立するので、円 1（一方の棒状センサの横断面）に +Q、円 2（他方の棒状センサの横断面）に -Q の電荷があれば、一方の棒状センサの全ての点について、

$$\begin{aligned} & (Q/L) 2\pi\epsilon_0 (1 \ln(r_1) - 1 \ln(r_2)) \\ &= (Q/L) 2\pi\epsilon_0 1 \ln(r_1/r_2) \\ &= (Q/L) 2\pi\epsilon_0 1 \ln(a/d) \end{aligned}$$

が成立する。直線 1-2 上に分布する電荷 Q は棒状センサの外側では棒状センサの表面に同じ量の電荷が存在する場合と同じ電場が生じるので、2 つの棒状センサのポテンシャル差は

$$(Q/L) \pi \epsilon_0 1 \ln(a/d)$$

に等しく、容量 C は、

$$C = \pi \epsilon_0 L / \ln(a/d) \quad \dots (1)$$

となる。

(1) 式に $a/d = \exp(\pi \epsilon_0 L / C)$ を代入すると、

$$\begin{aligned} D/a &= \exp(\pi \epsilon_0 L / C) + \exp(-\pi \epsilon_0 L / C) \\ &= 2 \cosh(\pi \epsilon_0 L / C) \end{aligned}$$

となり、

$$C = \pi \epsilon_0 L / (\cosh^{-1} D / 2a) \quad \dots (2)$$

が成立する。この (2) 式から、C の値を測定することにより、L の値を得ることができる。

このように、液面調節手段 49 によれば、棒状センサ 49a, 49b の薬液内への浸漬部位の電気容量及びその時間変化を測定することにより、液面高さ及びその変化速度を算出することができる。即ち、液面高さをパラメータとすることにより、例えば当該液面高さ所期値からのズレを測定して所期値に調節することができ、液面高さの変化速度をパラメータとすることにより、前記変化速度の増大化を測定することで、それに起因する事故、例えば主タンク 21a の液漏れを確認することができる。従って、この液面調節手段 49 により、効率よく確実に薬液の液面高さ及びその変化速度を測定することが可能となり、必要に応じた薬液供給や、薬液供給に伴う種々の不都合の発生を確実に検出すること等が実現さ

れる。

実際に、薬液の液面高さと容量との関係を調べた結果を図30に示す。この図30は(2)式による計算値と実測値との関係を示す。ここで、実測値は $\epsilon_0 = 7.17 \times 10^{-10}$ F/m、棒状センサの半径=2 mm、離間距離=10 mm、棒状センサの長さ=31.0 mmとして測定し、同様の条件で計算値を算出した。この特性図において、横軸が薬液の液面高さ(満タンで0 mm)を、縦軸が容量(nF)を表す。このように、計算値と実測値はほぼ一致し、CとLは比例関係にあることが分かる。

次に、薬液供給システムのメンテナンスとして、泡抜きを行なう機構について説明する。

この泡抜き機構101は、図1に示すように、供給流路23のキャピラリー33との連結部位より超純水の上流に相当する部位から枝分かれするように設けられた連結管102を有し、連結管102が薬液供給ポンプ31と連結されて閉鎖系を構成するものである。そして、薬液貯蔵タンク21の未使用時に、バルブ103を開放して薬液供給ポンプ31を駆動させ、当該閉鎖系に超純水を流動させ、泡抜きを行なう。

これにより、薬液供給ポンプ31やキャピラリー33等を効率よく洗浄し、確実に泡抜きがなされることになる。

次に、薬液供給ポンプ31の薬液吐出精度の更なる向上を図るため、吐出時における薬液内における溶存ガスの発泡を抑止する溶存ガス除去機構について説明する。

薬液供給ポンプ31は、上述したように加振器である圧電振動子46による可動壁44の振動駆動により周期的に薬液の吐出・吸引を繰り返す行なうダイヤフラムポンプである。振動駆動時において、薬液内に溶存ガスが発泡すると、薬液の流量特性に著しい劣化を来し、最悪の場合にはガスロックが生じて吐出流量が0となることも危惧される。薬液の吐出量及び吐出速度には高度の正確性が要求されるため、溶存ガスの発泡による吐出流量への影響は極めて重大な問題である。

本発明者らは、溶存ガスの発泡が薬液供給ポンプ31の機械的特性及び薬液の

物理的特性（相対的溫度・圧力）に大きく依存することに着目し、これらを制御することで薬液内の溶存ガスの発泡を抑止することに想到した。以下、当該制御を行なう各溶存ガス除去機構について逐次説明する。

（１）薬液供給ポンプ 3 1 の機械的特性（振動態様）の制御

通常、圧電振動子 4 6 による可動壁 4 4 の振動態様（電圧印加態様）は、図 3 1（a）の破線に示すように、ほぼ同一周期による典型的なサインカーブを描く振動波形とされる。この場合、薬液に大気圧以下の圧力（負圧）が印加された時に薬液内に溶存ガスが発泡する確率が高い。そこで本例では、薬液の吸引時の負圧の絶対値が可及的に小さく、且つ吸引時間が吐出時間より長くなるように制御することにより、溶存ガスの発泡を可及的に抑止する。

具体的には、図 3 1（a）の実線に示すように、1 周期内において、負圧を発生させる吸引時の圧力変化率を正圧を発生させる吐出時に比して緩やかに抑える。それとともに、図 3 1（b）の圧力印加態様に示すように、吸引時の負圧の絶対値を吐出時の正圧より小さく、しかもこの負圧の絶対値を可及的に小さくする。即ち、図 3 1（b）中斜線を付した面積で示す負圧による力積（の絶対値）を正圧による力積より小さくし、且つ薬液供給ポンプとしての機能を損なわない限度で可及的に小さくする。前者（図 3 1（a））により、吸引時の急激な圧力変化による発泡を防止し、後者（図 3 1（b））により、負圧による薬液への負担が軽減されて発泡を抑止する。即ち、これら両者を踏まえた制御により、薬液内の溶存ガスの発泡を可及的な最小限に抑えることが可能となる。

（２）薬液の相対的溫度制御

薬液内へのガスの溶解は溫度に反比例する（ヘンリーの法則）。この反比例関係は、図 3 2 に示すように、溶存ガスとして考えられる空気、窒素及び酸素について一様に認められる。従って、薬液供給ポンプ 3 1 の外部に対する相対的溫度を低下させれば、薬液供給ポンプ 3 1 の流路 4 1 内の薬液における溶存ガスの溶解度が大きくなって発泡が抑止されることになる。そこで本例では、冷却手段を設けて薬液供給ポンプ 3 1（及び薬液タンク 2 1 と薬液供給ポンプ 3 1 との間を連結する配管部分）を冷却する。

具体的には、図 3 3 に示すように、薬液供給ポンプ 3 1 に冷却手段 1 1 1 を設

置する。この冷却手段 1 1 1 としては、ペルチェ素子を主要構成要素とするものや、薬液供給ポンプ 3 1 の周囲に冷却液を循環させるもの等が好適である。このような冷却手段 1 1 1 を設け、薬液供給ポンプ 3 1 を所定温度に冷却することにより、薬液内の溶存ガスの発泡を可及的な最小限に抑えることが可能となる。

（３）薬液の脱ガス

薬液が薬液供給ポンプ 3 1 へ吸引される前に、当該薬液から溶存ガスを脱気しておけば、薬液供給ポンプ 3 1 の吸引・吐出時の発泡が防止されることになる。そこで本例では、薬液タンク 2 1 と薬液供給ポンプ 3 1 との間に表層が脱気膜とされた隔膜管を備えた脱ガスモジュールを設ける。

図 3 4 は、脱ガスモジュールの構成要素である隔膜管を示す模式図である。ここで、隔膜管 1 1 2 を P T F E（ポリテトラフルオロエチレン）等を材料とした多孔質膜又は中空子膜で構成することが好適である。

図 3 4（a），（b）に示すように、隔膜管 1 1 2 の外部を高度の真空状態とすることにより、管内と外部との圧力差を利用して脱ガスを行う。この脱ガスモジュールを用いることにより、薬液内の溶存ガス（図示の例では空気、酸素又は窒素）の発泡を可及的な最小限に抑えることが可能となる。

なお、溶存ガス除去機構としては、（１）～（３）を単独で用いるのみならず、これらを適宜組み合わせて実行し、更なる確実な発泡抑止を図るようにしてもよい。

以上説明した各種付加機構のうち、薬液供給ポンプ 3 1 の制御とともに、少なくとも混入防止機構や気泡・破損検出機構、洗浄液流動検知機構、流量調節機構、濃度調節機構、薬液混合機構、薬液量調節機構、溶存ガス除去機構等については、制御系 2 6 の各制御手段により駆動される。

（第 2 の実施例）

続いて、本発明の第 2 の実施例について説明する。本実施例では、第 1 の実施例と同様に、洗浄チャンバー及び薬液供給システムを備えてなるウェハ枚葉スピンドル洗浄方式の基板洗浄装置を開示するが、薬液供給システムの薬液供給装置の構成が異なる点で相違する。なお、第 1 の実施例の基板洗浄装置と同様の構成部材等については同符号を記して説明を省略する。

図 3 5 は、本実施例の基板洗浄装置の全体構成を示す概略断面図である。

本実施例の基板洗浄装置は、洗浄チャンバー 1 と、薬液供給システム 2 とを備えて構成されている。ここで、薬液供給システム 2 は、薬液貯蔵タンク 2 1 と、薬液貯蔵タンク 2 1 と連結され、薬液供給を能動的に行なう薬液供給装置 1 2 1 と、薬液供給装置 1 2 1 と連結され、薬液が混合する超純水の通路となる供給流路を形成する配管系 2 3 と、洗浄チャンバー 1 内で設置されるウェハ 1 1 の表面に洗浄液を供給する一対の吐出ノズル 2 4, 2 5 と、吐出ノズル 2 4, 2 5 から供給する洗浄液の濃度や流量等の各種状態を調節するための制御系 2 6 とを備えて構成されている。

薬液供給装置 1 2 1 は、薬液貯蔵タンク 2 1 から薬液を吸引して送出する第 1 のポンプ 1 2 2 と、第 1 のポンプ 1 2 2 から送出された薬液を蓄え、当該薬液に所定圧力を印加し、バルブ 1 4 5 の開閉を制御することにより所定量の薬液を供給する圧送式の第 2 のポンプ 1 2 3 と、配管系 2 3 と第 2 のポンプ 1 2 3 とを連結して連結流路を形成する連結管 3 2 と、連結管 3 2 内に配管系 2 3 の供給流路と直接連結するキャピラリー 3 3 とを備えて構成されている。

第 1 のポンプ 1 2 2 は、所定量の薬液を薬液貯蔵タンク 2 1 から第 2 のポンプ 1 2 3 に正確に供給されるものならば、薬液供給ポンプ 3 1 と同様のダイヤフラムポンプでも、その他の構成のポンプでも良い。

第 2 のポンプ 1 2 3 は、圧送式のポンプであり、第 1 のポンプ 1 2 2 から供給された薬液が蓄えられる薬液貯蔵手段である加圧容器 1 3 1 と、薬液貯蔵手段 1 3 1 内の薬液に例えば N_2 ガスを送ることにより圧力制御を行なう圧力制御手段 1 3 2 と、加圧容器 1 3 1 内の薬液の液量変化を計測する液位計測手段 1 3 3 とを備えて構成されている。

加圧容器 1 3 1 は、内壁 1 4 3 が P T F E、外壁 1 4 4 が金属で構成されており、第 1 のポンプ 1 2 2 からの薬液が供給される流入口 1 4 1 と、連結管 3 2 へ向かって薬液を吐出する流出口 1 4 2 とが接続されている。

圧力制御手段 1 3 2 は、加圧容器 1 3 1 内の薬液に対する圧力を自動的に制御する自動圧力制御 (A P C : Auto Pressure Control) バルブを有しており、制御系 2 6 からの制御信号に基づいて例えば N_2 ガスの加圧容器 1 3 1 内への供給

量を自動的に制御する。

液位計測手段 1 3 3 は、例えばカーボン等の導電性部材からなる一対の棒状センサ 1 3 3 a, 1 3 3 b を有しており、棒状センサ 1 3 3 a, 1 3 3 b 間における薬液の静電容量を測定することで液面高さ（及びその変化量）を得るものである。なお、液位計測手段 1 3 3 の測定原理は、前述した液面調節手段 4 9 の棒状センサ 4 9 a, 4 9 b を用いた場合と同様であり、棒状センサ 1 3 3 a, 1 3 3 b の薬液内への浸漬部位の電気容量及びその時間変化を測定することにより、液面高さ及びその変化速度を算出する。この液位計測手段 1 3 3 により計測された結果が制御系 2 6 にフィードバックされ、これに基づいて圧力制御手段 1 3 2 へ所定の制御信号が送出される。

ここで、第 2 のポンプ 1 2 3 の動作原理について説明する。

圧力制御手段 1 3 2 が制御信号を受けると、所定量の N_2 ガスを加圧容器 1 3 1 内に送られ、これにより加圧容器 1 3 1 内の薬液に圧力 P_1 が印加される。このとき、配管系 2 3 内を通過する超純水の圧力を P_0 とすると、 $(P_1 - P_0)$ の圧力差により所定量の薬液が流出口 1 4 2 から吐出される。キャピラリー 3 3 における薬液の流量を Q とすると、流量 Q は圧力差 $(P_1 - P_0)$ とキャピラリー 3 3 の形状に依存する係数 k とにより、

$$Q \propto k (P_1 - P_0)^{1/2} \quad \dots (3)$$

と表される。例えば、圧力 P_0 を 1.5 kg/cm^2 、圧力 P_1 を 3.0 kg/cm^2 とすれば、圧力差 $(P_1 - P_0)$ に見合った流量 Q が (3) 式により決定されることになる。

制御系 2 6 は、第 1 のポンプ 1 2 2 による薬液の薬液貯蔵タンク 2 1 から加圧容器 1 3 1 への供給量を調節するとともに、第 2 のポンプ 1 2 3 による薬液の超純水への供給量を調節し、更に流量調節手段 3 4 を駆動する薬液供給制御手段 3 7 と、濃度調節手段 3 5 を駆動する濃度制御手段 3 8 とを備えている。

ここで、薬液供給制御手段 3 7 は、第 2 のポンプ 1 2 3 を駆動制御するに際して、前述したように圧力制御手段 1 3 2 及び液位計測手段 1 3 3 に加えてバルブ 1 4 5 の開閉タイミングを制御し、薬液の連結管 3 2 への吐出時間及び吐出の停止を調節する。

そして制御系 2 6 においては、薬液供給制御手段 3 7 と濃度制御手段 3 8 とが連結され、濃度制御手段 3 8 による濃度制御の結果が薬液供給制御手段 3 7 にフィードバックされて第 1 のポンプ 1 2 2、第 2 のポンプ 1 2 3 を制御し、薬液の供給量が調節される。

なお、本実施例の基板洗浄装置でも、第 1 の実施例の場合と同様に、上述のように構成された薬液供給システムに、更なるパーティクル発生等の抑止や洗浄液の薬液濃度の正確性を期すため、種々の付加機構を設ける。具体的には、第 1 の実施例と同様に、混入防止機構、気泡・破損検出機構、洗浄液流動検知機構、腐食防止機構、流量調節機構、濃度調節機構、薬液混合機構、薬液量調節機構、泡抜き機構、溶存ガス除去機構などが挙げられる。これらの付加機構の制御も制御系 2 6 によってなされる。

このように、本実施例の基板洗浄装置においては、第 1 及び第 2 のポンプ 1 2 2、1 2 3 により、圧力制御手段 1 3 2 の駆動制御により薬液を吐出するものであり、所望量の薬液を正確に吐出供給することが可能となる。

更に本実施例では、この第 1 及び第 2 のポンプ 1 2 2、1 2 3 を構成要素とする薬液供給装置 1 2 1 を提供する。この薬液供給装置 1 2 1 は、第 1 及び第 2 のポンプ 1 2 2、1 2 3 の駆動により配管系 2 3 を通過する超純水にキャピラリー 3 3 から薬液を混合するものであり、種々の濃度の混合溶液（洗浄液）を必要に応じて容易に調合することができる。ここで、薬液の吐出方向が超純水の流動方向とほぼ直交する方向である場合には、細管部材から吐出する薬液の線速度が配管系 2 3 を通過する超純水の線速度より十分に大きくなるような押圧を薬液に与えることにより、薬液が超純水内で配管系 2 3 の対向壁面まで到達し、均一な濃度の混合溶液が瞬間的に調合されることになる。

更に本実施例では、薬液供給装置 1 2 1 を構成要素とし、洗浄液を供給するための薬液供給システム 2 を提供する。この薬液供給システム 2 では、上述のように必要に応じた所望濃度の洗浄液の生成が可能であるため、原液である薬液の貯蔵槽 2 1 は移動容易な小型のもので足りる。即ち、この薬液供給システム 2 においては、従来のように薬液濃度や種類の異なる極めて大型の混合溶液の貯蔵槽を用意する必要がなく、洗浄液へのパーティクル混入等を抑止できるのみならず、

システム全体の規模の大幅な縮小化・簡易化が実現される。従って、この薬液供給システム 2 を備えた本例の基板洗浄装置では、濃度や種類の異なる種々の清浄な洗浄液を迅速且つ容易に供給することが可能となる。

なお、本発明はこれらの実施例に限定されるものではない。例えば、薬液供給システムは基板洗浄装置のみならず、種々の種類や濃度の大量の薬液が必要な他のあらゆる装置に適用可能である。

【特許請求の範囲】(What is claimed is:)

1. 薬液が溶媒に混合希釈されてなる混合溶液を供給する薬液供給システムであって、

高濃度の前記各薬液が貯蔵される移動容易な少なくとも1種の薬液貯蔵槽と、

所定量の前記薬液を前記薬液貯蔵槽から吸引して送出する薬液供給手段と、

前記薬液供給手段と連結された前記溶媒の流路を形成し、端部に前記溶液の吐出部を有する配管系とを備え、

使用時において、必要量の前記薬液を前記配管系内を流動する前記溶媒に混合させ、所望濃度の前記混合溶液を生成し、前記吐出部から当該混合溶液を供給することを特徴とする薬液供給システム。

2. 前記薬液供給手段は、所定薬液を通過させる流路が形成され、前記流路の流入口に前記薬液の圧力上昇により閉じる吸引弁が、前記流路の流出口に前記薬液の圧力下降により閉じる吐出弁がそれぞれ設けられてなる薬液供給ポンプであって、

前記流路における接液面の少なくとも一部が前記薬液に対する不透過性且つ高耐蝕性の緻密部材からなるとともに、前記緻密部材の一部が可動壁とされており、

前記可動壁と連結する加振器を備え、前記加振器の駆動により前記可動壁をその壁面とほぼ直交する方向に振動させて前記流路の体積を周期的に変化させるものであることを特徴とする請求項1に記載の薬液供給システム。

3. 前記薬液供給手段は、

前記薬液貯蔵槽から前記薬液を送出する第1のポンプと、

前記第1のポンプから送出された前記薬液を蓄え、当該薬液に所定圧力を所定時間印加することにより所定量の前記薬液を前記配管系に供給するガス加圧による押し出し方式の第2のポンプとを備えることを特徴とする請求項1に記載の薬液供給システム。

4. 前記第2のポンプは、前記薬液が蓄えられる薬液貯蔵手段と、前記薬液貯蔵手段内の前記薬液にガスを送ることにより圧力制御を行なう圧力制御手段と、

前記薬液貯蔵手段内の前記薬液の液量変化を計測する液位計測手段とを備え、

前記液位計測手段の計測結果に基づいて前記圧力制御手段が制御され、所定量の前記薬液を前記配管系に供給することを特徴とする請求項 3 に記載の薬液供給システム。

5. 前記薬液供給手段の前記ポンプ内及び前記薬液貯蔵槽と前記前記薬液供給手段との間の配管部分内を薬液温度に比して相対的に冷却する冷却手段が設けられていることを特徴とする請求項 1 に記載の薬液供給システム。

6. 前記加振器は、前記可動壁を振動駆動するに際して、振動の 1 周期内における前記薬液吸引時の負圧の絶対値が可及的に小さく、且つ吸引時間が吐出時間より長くなるように制御することを特徴とする請求項 1 に記載の薬液供給システム。

7. 前記薬液貯蔵槽と前記薬液供給ポンプとの間に表層が脱気膜とされた脱気管が設けられ、

前記脱気管の外圧を内圧に比して低圧とした状態で前記脱気管内に前記薬液を通過させ、前記薬液の脱気を行なうことを特徴とする請求項 1 に記載の薬液供給システム。

8. 前記配管系と前記薬液供給手段とを連結する連結流路を備え、

前記連結流路内に前記配管系と直接連結し、前記薬液の前記溶媒への吐出部位となる細管部材が設けられていることを特徴とする請求項 1 に記載の薬液供給システム。

9. 前記吐出部から供給する前記混合溶液を調節するための制御系を備えることを特徴とする請求項 1 に記載の薬液供給システム。

10. 前記配管系内を通過する前記溶媒又は前記薬液の流量を調節する流量調節手段と、

前記配管系内を通過する前記混合溶液の濃度を調節する濃度調節手段とを備え、

、

前記制御系は、前記薬液供給ポンプの前記薬液の前記溶媒への供給量を調節する薬液供給制御手段と、前記濃度調節手段を駆動する濃度制御手段とを有し、

前記薬液供給制御手段が前記流量調節手段を駆動するとともに、

前記薬液供給制御手段と前記濃度制御手段とが連結され、前記濃度制御手段による濃度制御の結果を前記薬液供給制御手段にフィードバックして前記薬液の供給量を調節することを特徴とする請求項 9 に記載の薬液供給システム。

1 1. 前記混合溶液に回転流を生ぜしめて攪拌し、当該混合溶液を均一化させる混合手段を備え、

前記混合手段は、前記混合溶液の流路に螺旋状のピッチを有し、前記ピッチを前記混合溶液が通過することにより回転流を形成することを特徴とする請求項 1 に記載の薬液供給システム。

1 2. 前記混合溶液に回転流を生ぜしめて攪拌し、当該混合溶液を均一化させる混合手段を備え、

前記混合手段は、前記配管系における当該混合手段への流入部と流出部とが若干ずらして設けられていることを特徴とする請求項 1 に記載の薬液供給システム。

1 3. 前記薬液貯蔵槽は、十分な量の前記薬液が貯蔵された主貯蔵槽と、前記主貯蔵槽に連結されて当該主貯蔵槽から必要な量だけ前記薬液が供給された副貯蔵槽とを有して構成されており、

前記副貯蔵槽は、供給された前記薬液の液面高さを調節して前記薬液量を制御する液面調節手段を有することを特徴とする請求項 1 に記載の薬液供給システム。

1 4. 前記液面調節手段は、導電性部材からなる一対の棒状センサであり、前記棒状センサの薬液内への浸漬部位の電気容量及びその時間変化を測定することにより、前記液面高さ及びその変化速度を算出するものであることを特徴とする請求項 1 3 に記載の薬液供給システム。

1 5. 前記配管系は、前記薬液供給手段との連結部位より前記溶媒の上流に相当する部位から枝分かれする連結管を有し、前記連結管が前記薬液供給手段と連結されて閉鎖系を構成しており、

前記薬液貯蔵槽の未使用時に、前記閉鎖系に前記溶媒を流動させて泡抜きを行なうことを特徴とする請求項 1 に記載の薬液供給システム。

1 6. 設置された基板に洗浄液を供給して洗浄する基板洗浄装置であって、

高濃度の各薬液が貯蔵される移動容易な少なくとも１種の薬液貯蔵槽と、
所定量の前記薬液を前記薬液貯蔵槽から吸引して送出する薬液供給手段と、
前記薬液供給手段と連結された前記溶媒の流路を形成し、端部に前記溶液の吐出部を有する配管系とを備え、

使用時において、必要量の前記薬液を前記配管系内を流動する前記溶媒に混合させて希釈し、所望濃度の前記混合溶液を生成し、前記吐出部から当該混合溶液を供給する薬液供給システムを備え、

前記混合溶液を前記洗浄液として用いることを特徴とする基板洗浄装置。

１７．所定薬液を通過させる流路が形成され、前記流路の流入口に前記薬液の圧力上昇により閉じる吸引弁が、前記流路の流出口に前記薬液の圧力下降により閉じる吐出弁がそれぞれ設けられてなる薬液供給ポンプであって、

前記流路における接液面の少なくとも一部が前記薬液に対する不透過性且つ高耐蝕性の緻密部材からなるとともに、前記緻密部材の一部が可動壁とされており、

前記可動壁と連結する加振器を備え、前記加振器の駆動により前記可動壁をその壁面とほぼ直交する方向に振動させて前記流路の体積を周期的に変化させることを特徴とする薬液供給ポンプ。

１８．前記緻密部材は、導電性のものであることを特徴とする請求項１７に記載の薬液供給ポンプ。

１９．導電性の前記緻密部材は、アモルファスカーボンからなることを特徴とする請求項１８に記載の薬液供給ポンプ。

２０．前記緻密部材は、セラミクス又はサファイヤからなることを特徴とする請求項１７に記載の薬液供給ポンプ。

２１．前記可動壁と前記加振器との間に、前記加振器からの振動を前記可動壁へ伝達する駆動伝達手段を備えることを特徴とする請求項１７に記載の薬液供給ポンプ。

２２．前記駆動伝達手段を弾発付勢する弾性手段を備えることを特徴とする請求項２１に記載の薬液供給ポンプ。

２３．前記加振器は圧電変換により前記可動壁を振動させる圧電振動子である

ことを特徴とする請求項 2 1 に記載の薬液供給ポンプ。

2 4. 前記可動壁と対向する前記接液面の少なくとも一部を構成する対向壁を導電性の前記緻密部材とし、

前記流路を通過する前記薬液を誘電体として挟持する前記可動壁と前記対向壁により形成されるキャパシタの静電容量を計測することを特徴とする請求項 1 8 に記載の薬液供給ポンプ。

2 5. 前記可動壁は、中心から周縁へ向かうにつれて厚くなる形状とされていることを特徴とする請求項 1 7 に記載の薬液供給ポンプ。

2 6. 前記可動壁と前記駆動伝達手段との間に、前記駆動伝達手段からの圧力を前記可動壁に均一に伝達する補助部材が設けられていることを特徴とする請求項 2 1 に記載の薬液供給ポンプ。

2 7. 前記駆動伝達手段は、前記可動壁に対する直接的な振動伝達部位を押圧した際に前記薬液から受ける反作用を見込んで、前記振動伝達部位及び前記反作用の大きい部位が厚く形成されていることを特徴とする請求項 2 1 に記載の薬液供給ポンプ。

2 8. 前記流路の接液部で前記薬液が溜まり易い隅部位及び前記薬液に対する低耐蝕性部位を含むガス通気系が設けられており、前記ガス通気系に所定ガスを通気させることを特徴とする請求項 1 7 に記載の薬液供給ポンプ。

2 9. 前記隅部位及び前記低耐蝕性部位は、少なくとも前記吸引弁、前記吐出弁及び前記可動壁の各々の周縁を含むことを特徴とする請求項 2 8 に記載の薬液供給ポンプ。

3 0. 前記流路内を薬液温度に比して相対的に冷却する冷却手段が設けられていることを特徴とする請求項 1 7 に記載の薬液供給ポンプ。

3 1. 前記加振器は、前記可動壁を振動駆動するに際して、振動の 1 周期内における前記薬液吸引時の負圧の絶対値が可及的に小さく、且つ吸引時間が吐出時間より長くなるように制御することを特徴とする請求項 1 7 に記載の薬液供給ポンプ。

3 2. 薬液供給ポンプと、

前記薬液が混合する溶媒の通路である供給流路と前記薬液供給ポンプとを連結

する連結流路とを備え、

前記連結流路内に前記供給流路と直接連結する細管部材が設けられており、

前記薬液供給ポンプは、

所定薬液を通過させる流路が形成され、前記流路の流入口に前記薬液の圧力上昇により閉じる吸引弁が、前記流路の流出口に前記薬液の圧力下降により閉じる吐出弁がそれぞれ設けられてなり、

前記流路における接液面の少なくとも一部が前記薬液に対する不透過性且つ高耐蝕性の緻密部材からなるとともに、前記緻密部材の一部が可動壁とされており、

前記可動壁と連結する加振器を備え、前記加振器の駆動により前記可動壁をその壁面とほぼ直交する方向に振動させて前記流路の体積を周期的に変化させるものであり、

前記薬液供給ポンプの駆動により、前記細管部材から前記供給流路を通過する前記溶媒内に前記薬液を吐出し、所望濃度の混合溶液を調合することを特徴とする薬液供給装置。

33. 前記薬液の吐出方向は前記溶媒の流動方向とほぼ直交する方向であり、

前記薬液供給ポンプは、前記細管部材から吐出する前記薬液の線速度が前記供給流路を通過する前記溶媒の線速度より大きくなるような押圧を前記薬液に与えることを特徴とする請求項32に記載の薬液供給装置。

34. 前記連結流路の一部を囲む電極が設けられ、前記電極により前記連結流路を通過する前記薬液の静電容量を計測することを特徴とする請求項32に記載の薬液供給装置。

35. 前記細管部材の近傍における前記連結流路の一部を囲む薬液吐出停止手段を備え、

前記薬液吐出停止手段は、前記薬液供給ポンプの停止に同期して、前記細管部材から前記供給流路内の前記溶媒を若干量吸引するように稼働することを特徴とする請求項32に記載の薬液供給装置。

36. 前記薬液吐出停止手段は、前記薬液を所定温度に加熱する電熱機構を有

しており、前記薬液供給ポンプの停止に同期して前記電熱機構による加熱を停止することを特徴とする請求項 3 5 に記載の薬液供給装置。

3 7. 前記薬液吐出停止手段は、圧搾機構を有しており、前記薬液供給ポンプの停止に同期して駆動することを特徴とする請求項 3 5 に記載の薬液供給装置。

3 8. 前記細管部材の近傍における前記連結流路の一部に直接連結するとともに、前記供給流路の前記細管部材の連結部位より前記溶媒の上流に相当する部位と連結する他の細管部材を備えた薬液吐出停止手段を備え、

前記薬液吐出停止手段は、前記薬液供給ポンプの停止に同期して、前記他の細管部材から前記供給流路内に前記溶媒を供給して、前記薬液供給ポンプ側に設けられた逆止弁の作用により前記連結流路内に残存する前記薬液を前記供給流路側に押し出すように稼働することを特徴とする請求項 3 2 に記載の薬液供給装置。

3 9. 前記他の細管部材の入口近傍に逆止弁を設け、前記薬液の濃度変化を最小にすることを特徴とする請求項 3 8 に記載の薬液供給装置。

4 0. 前記細管部材は、前記薬液を所定温度に加熱する電熱機構を有しており、前記薬液供給ポンプの停止に同期して前記電熱機構による加熱を停止して、前記供給流路内の前記溶媒を若干量吸引することを特徴とする請求項 3 2 に記載の薬液供給装置。

4 1. 前記細管部材の前記供給流路との連結部位近傍に一对の温度検出素子を埋め込み、

前記薬液供給ポンプに同期して前記各温度検出素子の温度差を検出し、前記混合溶液の流動状態をモニターすることを特徴とする請求項 3 2 に記載の薬液供給装置。

4 2. 前記溶媒は超純水であることを特徴とする請求項 3 2 に記載の薬液供給装置。

4 3. 前記細管部材は、導電性のものであることを特徴とする請求項 3 2 に記載の薬液供給装置。

4 4. 前記細管部材は、アモルファスカーボンからなることを特徴とする請求項 4 3 に記載の薬液供給装置。

4 5. 移動容易な少なくとも一種の薬液貯蔵槽と、

前記薬液貯蔵槽に対応して連結する薬液供給装置と、

前記供給流路とを備える薬液供給システムである。

前記薬液供給装置は、

薬液供給ポンプと、

前記薬液が混合する溶媒の通路である供給流路と前記薬液供給ポンプとを連結する連結流路とを備え、

前記連結流路内に前記供給流路と直接連結する細管部材が設けられている。

前記薬液供給ポンプは、

所定薬液を通過させる流路が形成され、前記流路の流入口に前記薬液の圧力上昇により閉じる吸引弁が、前記流路の流出口に前記薬液の圧力下降により閉じる吐出弁がそれぞれ設けられてなり、

前記流路における接液面の少なくとも一部が前記薬液に対する不透過性且つ高耐蝕性の緻密部材からなるとともに、前記緻密部材の一部が可動壁とされており、

前記可動壁と連結する加振器を備え、前記加振器の駆動により前記可動壁をその壁面とほぼ直交する方向に振動させて前記流路の体積を周期的に変化させるものである。

前記薬液供給装置は、前記薬液供給ポンプの駆動により、前記細管部材から前記供給流路を通過する前記溶媒内に前記薬液を吐出し、所望濃度の混合溶液を調合するものである。

前記薬液供給システムは、前記薬液供給装置の前記薬液供給ポンプの駆動により、前記供給流路の端部に設けられた吐出部から所望濃度とされた前記混合溶液を吐出することを特徴とする。

46. 前記吐出部から供給する前記混合溶液を調節するための制御系を備えることを特徴とする請求項45に記載の薬液供給システム。

47. 前記供給流路内を通過する前記溶媒又は前記薬液の流量を調節する流量調節手段と、

前記供給流路内を通過する前記混合溶液の濃度を調節する濃度調節手段とを備え、

前記制御系は、前記薬液供給ポンプの前記薬液の前記溶媒への供給量を調節する薬液供給制御手段と、前記濃度調節手段を駆動する濃度制御手段とを有し、

前記薬液供給制御手段が前記流量調節手段を駆動するとともに、

前記薬液供給制御手段と前記濃度制御手段とが連結され、前記濃度制御手段による濃度制御の結果を前記薬液供給制御手段にフィードバックして前記薬液の供給量を調節することを特徴とする請求項４６に記載の薬液供給システム。

４８．前記混合溶液に回転流を生ぜしめて攪拌し、当該混合溶液を均一化させる混合手段を備え、

前記混合手段は、前記混合溶液の流路に螺旋状のピッチを有し、前記ピッチを前記混合溶液が通過することにより回転流を形成することを特徴とする請求項４５に記載の薬液供給システム。

４９．前記混合溶液に回転流を生ぜしめて攪拌し、当該混合溶液を均一化させる混合手段を備え、

前記混合手段は、前記供給流路における当該混合手段への流入部と流出部とが若干ずらして設けられていることを特徴とする請求項４５に記載の薬液供給システム。

５０．前記薬液貯蔵槽は、十分な量の前記薬液が貯蔵された主貯蔵槽と、前記主貯蔵槽に連結されて当該主貯蔵槽から必要な量だけ前記薬液が供給される副貯蔵槽とを有して構成されており、

前記副貯蔵槽は、供給された前記薬液の液面高さを調節して前記薬液量を制御する液面調節手段を有することを特徴とする請求項４５に記載の薬液供給システム。

５１．前記液面調節手段は、導電性部材からなる一対の棒状センサであり、前記棒状センサの薬液内への浸漬部位の電気容量及びその時間変化を測定することにより、前記液面高さ及びその変化速度を算出するものであることを特徴とする請求項５０に記載の薬液供給システム。

５２．前記供給流路は、前記細管部材との連結部位より前記溶媒の上流に相当する部位から枝分かれする連結管を有し、前記連結管が前記薬液供給ポンプと連結されて閉鎖系を構成しており、

前記薬液貯蔵槽の未使用時に、前記閉鎖系に前記溶媒を流動させて泡抜きを行なうことを特徴とする請求項４５に記載の薬液供給システム。

５３．各々所定薬液が貯蔵された複数の前記薬液貯蔵槽に対応して、複数の前記薬液供給装置が前記各薬液貯蔵槽に連結されており、

前記各薬液供給装置を任意に駆動して、所望順序で前記各薬液を前記供給流路内を通過する前記溶媒に混合することを特徴とする請求項４５に記載の薬液供給システム。

５４．前記薬液貯蔵槽と前記薬液供給ポンプとの間に表層が脱気膜とされた脱気管が設けられ、

前記脱気管の外部温度圧を低圧とした状態で前記脱気管内に前記薬液を通過させ、前記薬液の脱気を行なうことを特徴とする請求項４５に記載の薬液供給システム。

５５．設置された基板に洗浄液を供給して洗浄する基板洗浄装置であって、薬液供給システムを備える。

前記薬液供給システムは、

移動容易な少なくとも一種の薬液貯蔵槽と、

前記薬液貯蔵槽に対応して連結する薬液供給装置と、

供給流路とを備える。

前記薬液供給装置は、前記薬液供給ポンプの駆動により、前記細管部材から前記供給流路を通過する前記溶媒内に前記薬液を吐出し、所望濃度の混合溶液を調合するものであり、

薬液供給ポンプと、

前記薬液が混合する溶媒の通路である供給流路と前記薬液供給ポンプとを連結する連結流路とを備え、前記連結流路内に前記供給流路と直接連結する細管部材が設けられている。

前記薬液供給ポンプは、

所定薬液を通過させる流路が形成され、前記流路の流入口に前記薬液の圧力上昇により閉じる吸引弁が、前記流路の流出口に前記薬液の圧力下降により閉じる吐出弁がそれぞれ設けられてなり、

前記流路における接液面の少なくとも一部が前記薬液に対する不透過性且つ高耐蝕性の緻密部材からなるとともに、前記緻密部材の一部が可動壁とされており、

前記可動壁と連結する加振器を備え、前記加振器の駆動により前記可動壁をその壁面とほぼ直交する方向に振動させて前記流路の体積を周期的に変化させるものである。

前記基板洗浄装置は、前記混合溶液を前記洗浄液として用いることを特徴とする。

56. 基板毎に装着し、当該基板を円周方向に回転させながら前記洗浄液を供給する基板枚葉スピン洗浄装置であることを特徴とする請求項55に記載の基板洗浄装置。

57. 薬液供給ポンプを用いた薬液供給方法であって、

前記薬液供給ポンプは、

所定薬液を通過させる流路が形成され、前記流路の流入口に前記薬液の圧力上昇により閉じる吸引弁が、前記流路の流出口に前記薬液の圧力下降により閉じる吐出弁がそれぞれ設けられてなり、

前記流路における接液面の少なくとも一部が前記薬液に対する不透過性且つ高耐蝕性の緻密部材からなるとともに、前記緻密部材の一部が可動壁とされており、

前記可動壁と連結する加振器を備え、前記加振器の駆動により前記可動壁をその壁面とほぼ直交する方向に振動させて前記流路の体積を周期的に変化させるものであり、

前記薬液供給ポンプを駆動して、前記薬液を前記供給流路を通過する溶媒内に吐出し、所望濃度の混合溶液を調合することを特徴とする薬液供給方法。

58. 前記薬液の吐出方向を前記溶媒の流動方向とほぼ直交する方向とし、

前記薬液供給ポンプにより、前記細管部材から吐出する前記薬液の線速度が前記供給流路を通過する前記溶媒の線速度より大きくなるような押圧を前記薬液に与えることを特徴とする請求項57に記載の薬液供給方法。

59. 所望濃度とされた混合溶液を前記供給流路の端部に設けられた溶液供給

口から吐出することを特徴とする請求項 5 7 に記載の薬液供給方法。

6 0. 複数の前記薬液供給ポンプを用い、前記各薬液供給ポンプを任意に駆動して、所望順序で前記各薬液を前記供給流路内を通過する前記溶媒に混合することを特徴とする請求項 5 7 に記載の薬液供給方法。

6 1. 設置された基板に洗浄液を供給して洗浄する基板洗浄方法であって、所定薬液を通過させる流路が形成され、前記流路の流入口に前記薬液の圧力上昇により閉じる吸引弁が、前記流路の流出口に前記薬液の圧力下降により閉じる吐出弁がそれぞれ設けられてなり、

前記流路における接液面の少なくとも一部が前記薬液に対する不透過性且つ高耐蝕性の緻密部材からなるとともに、前記緻密部材の一部が可動壁とされており、

前記可動壁と連結する加振器を備え、前記加振器の駆動により前記可動壁をその壁面とほぼ直交する方向に振動させて前記流路の体積を周期的に変化させる薬液供給ポンプを用い、

前記薬液供給ポンプを駆動して、前記薬液を前記供給流路を通過する溶媒内に吐出し、所望濃度の混合溶液を調合して、前記混合溶液を前記洗浄液として用いて前記基板表面を洗浄することを特徴とする基板洗浄方法。

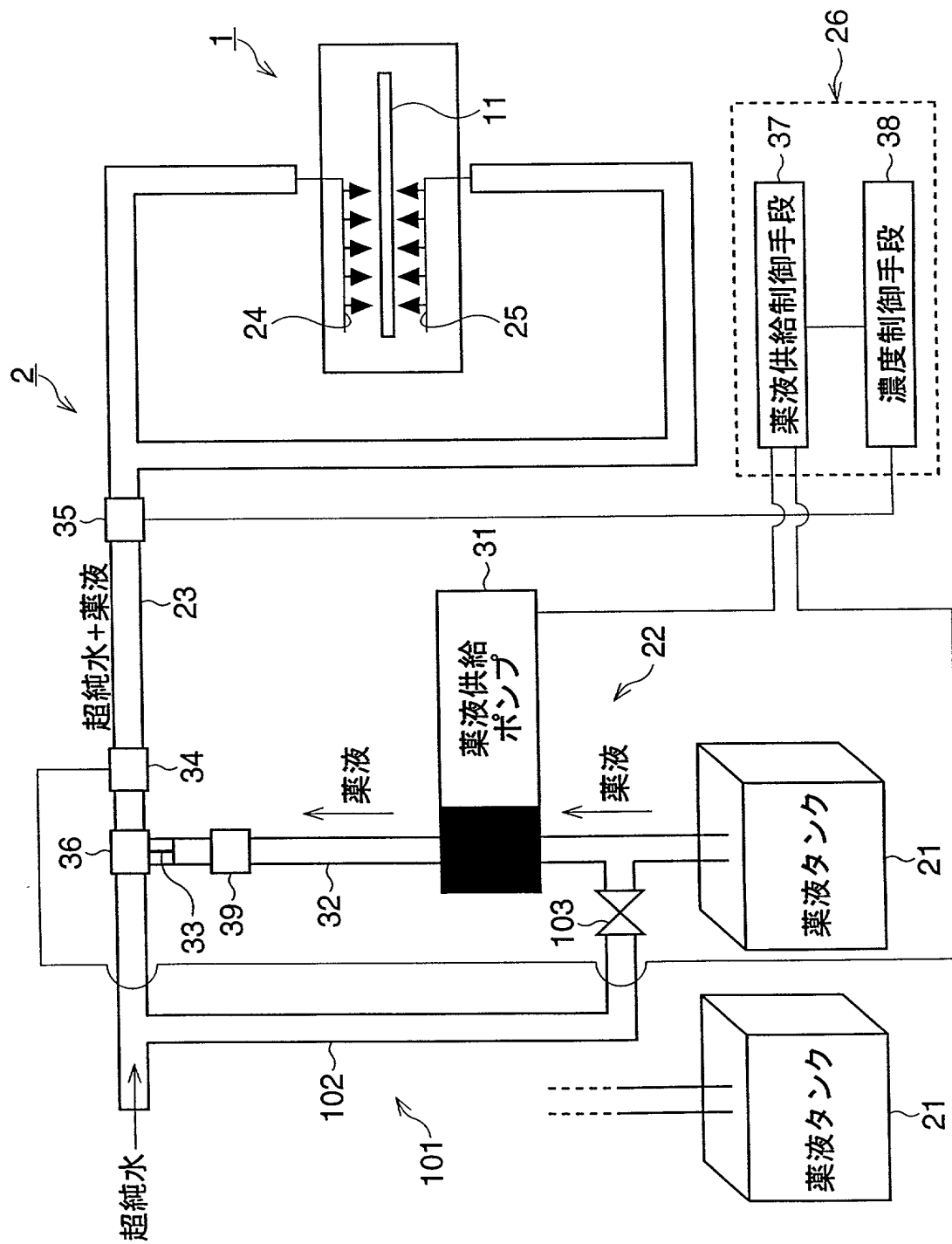
6 2. 基板毎に装着し、当該基板を円周方向に回転させながら前記洗浄液を供給する基板枚葉スピン洗浄装置を用いることを特徴とする請求項 6 1 に記載の基板洗浄方法。

【開示の要約】(Abstract of the Disclosure)

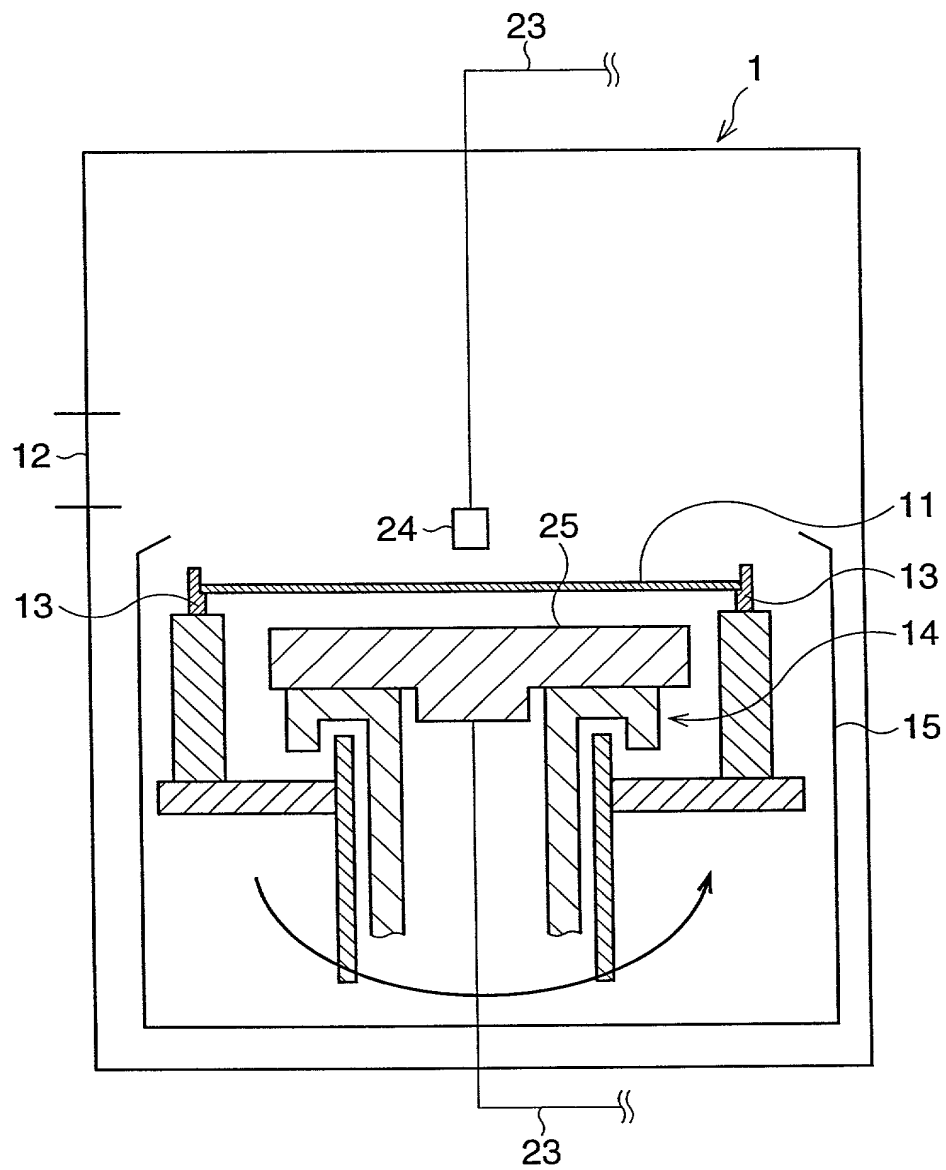
薬液供給システムを、洗浄用の薬液が原液の状態で貯蔵される薬液貯蔵タンクと、薬液貯蔵タンクと連結され薬液供給を能動的に行なう薬液供給装置と、薬液供給装置と連結され、薬液が混合する超純水の通路となる供給流路を形成する配管系と、洗浄チャンバー内で設置されるウェハの各表面と対向するように配管系の端部に設けられ、前記各表面に洗浄液を供給する一対の吐出ノズルとを主要素として構成する。これにより、薬液タンクを含む洗浄液供給系の大幅な小型化・簡易化を図るとともに、正確な薬液濃度の洗浄液を簡易且つ迅速に調合し供給することを可能とし、パーティクル等の発生及び洗浄液への混入を極限まで抑止する。

【書類名】 図面

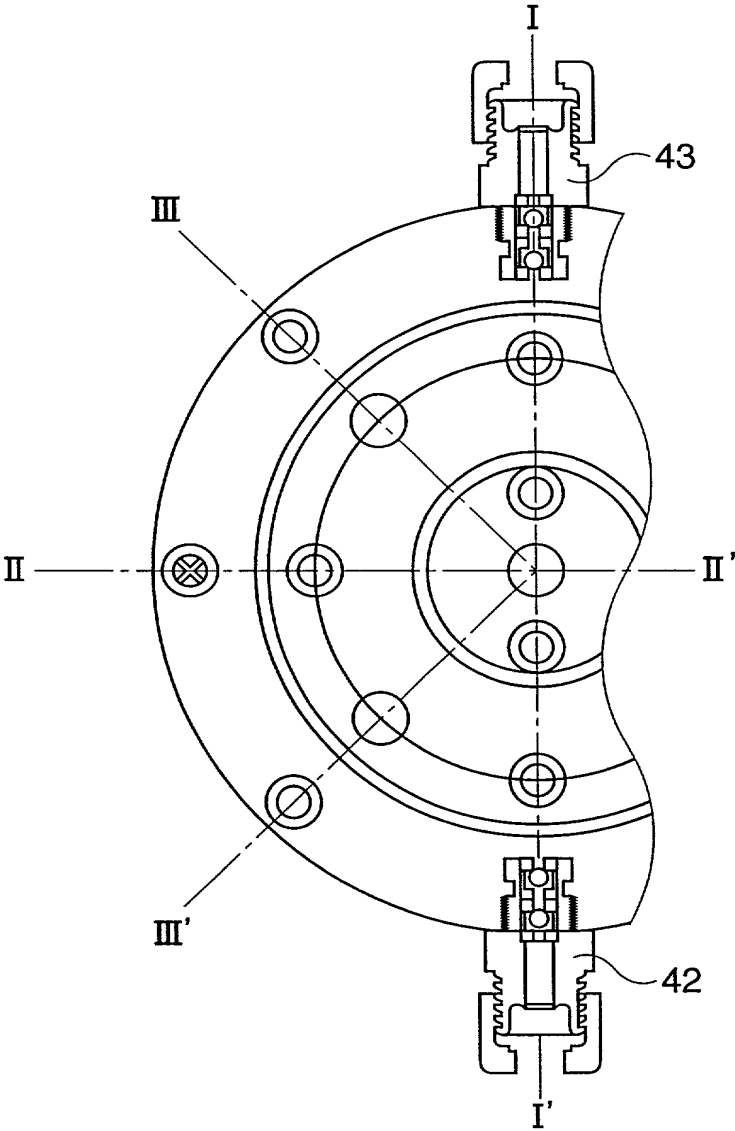
【図 1】



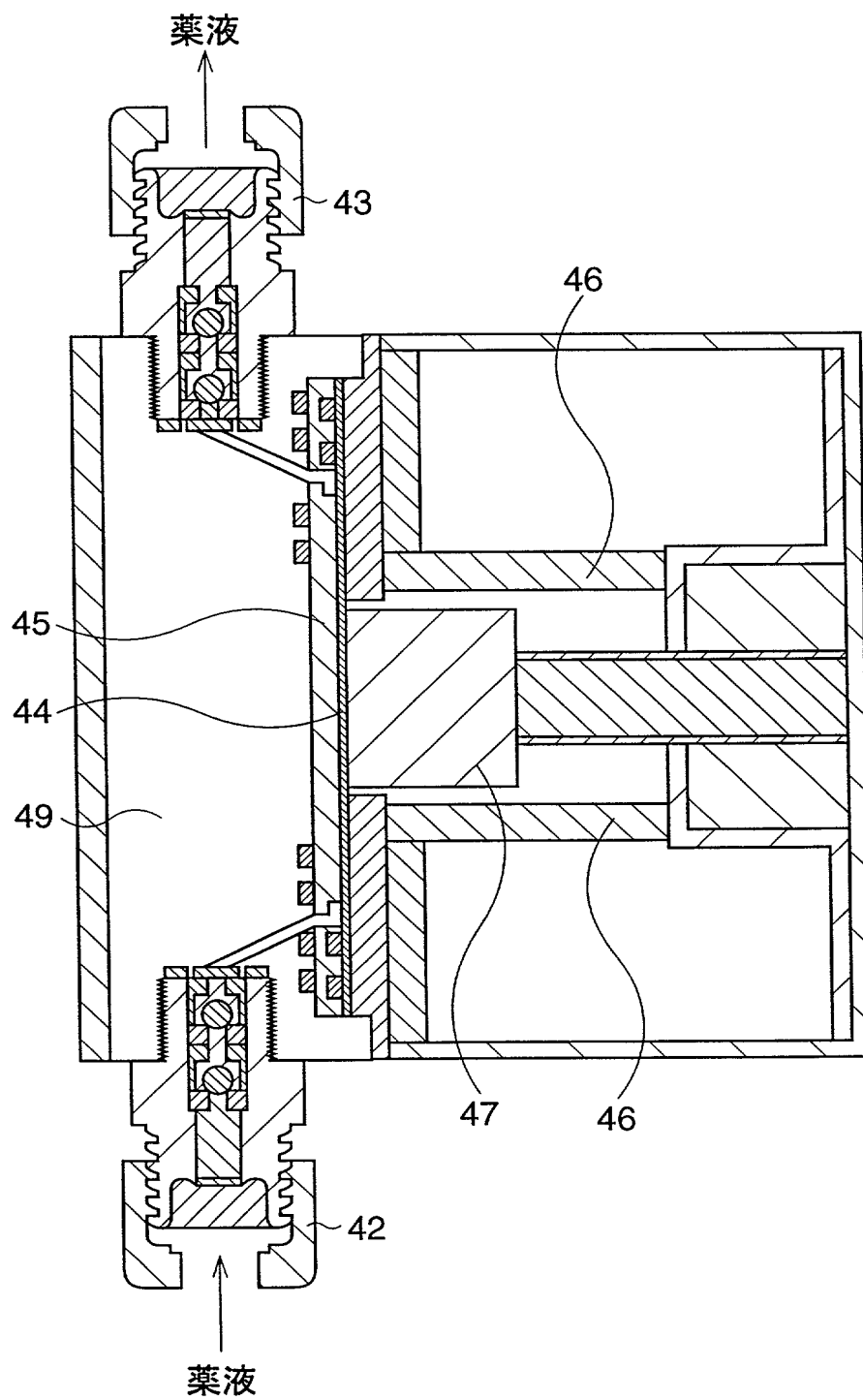
【図2】



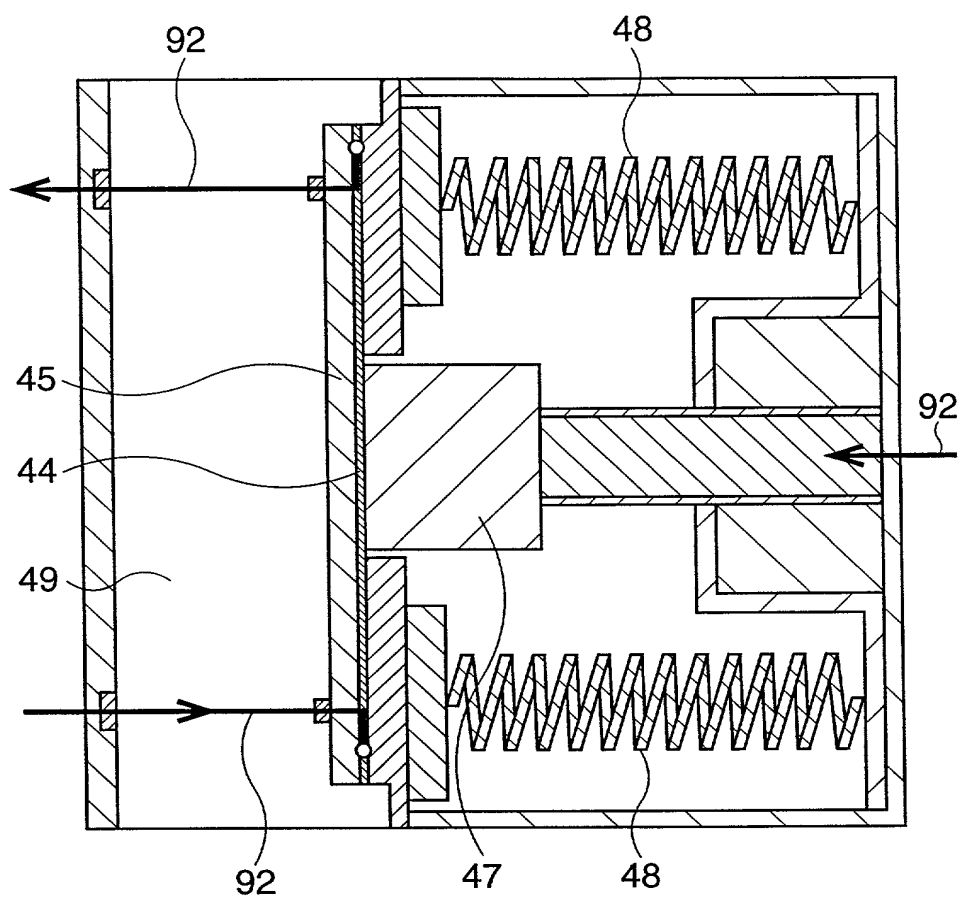
【图 3】



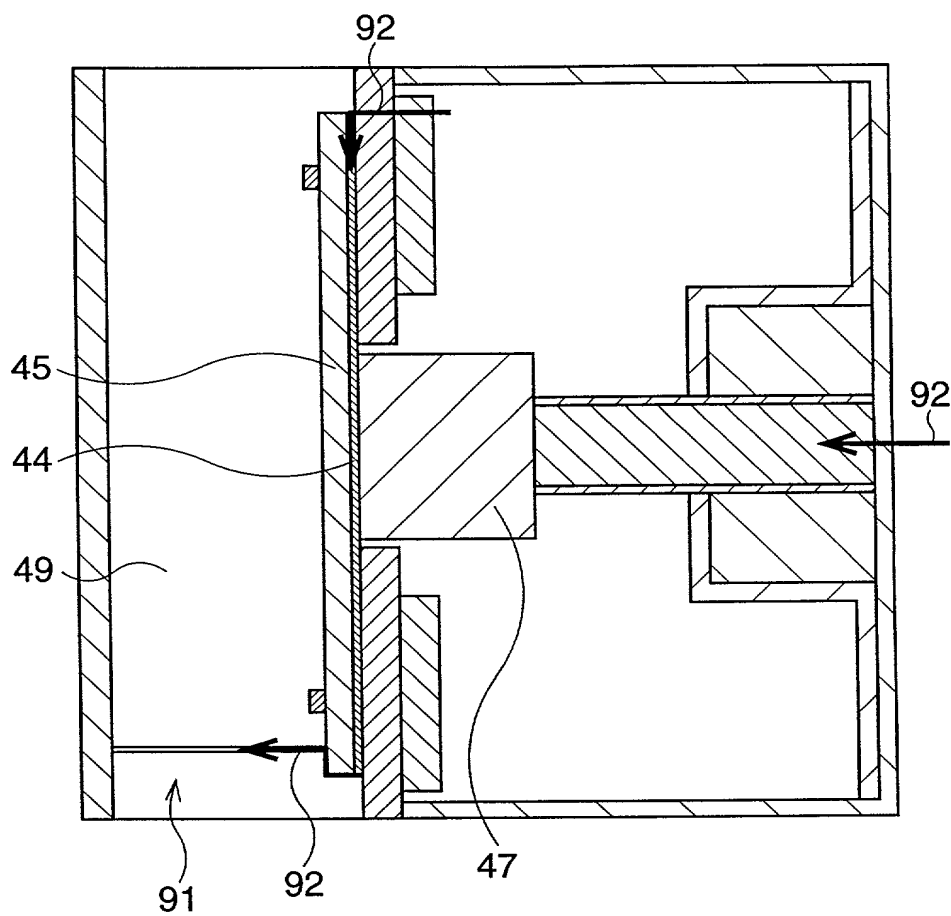
【図 4】



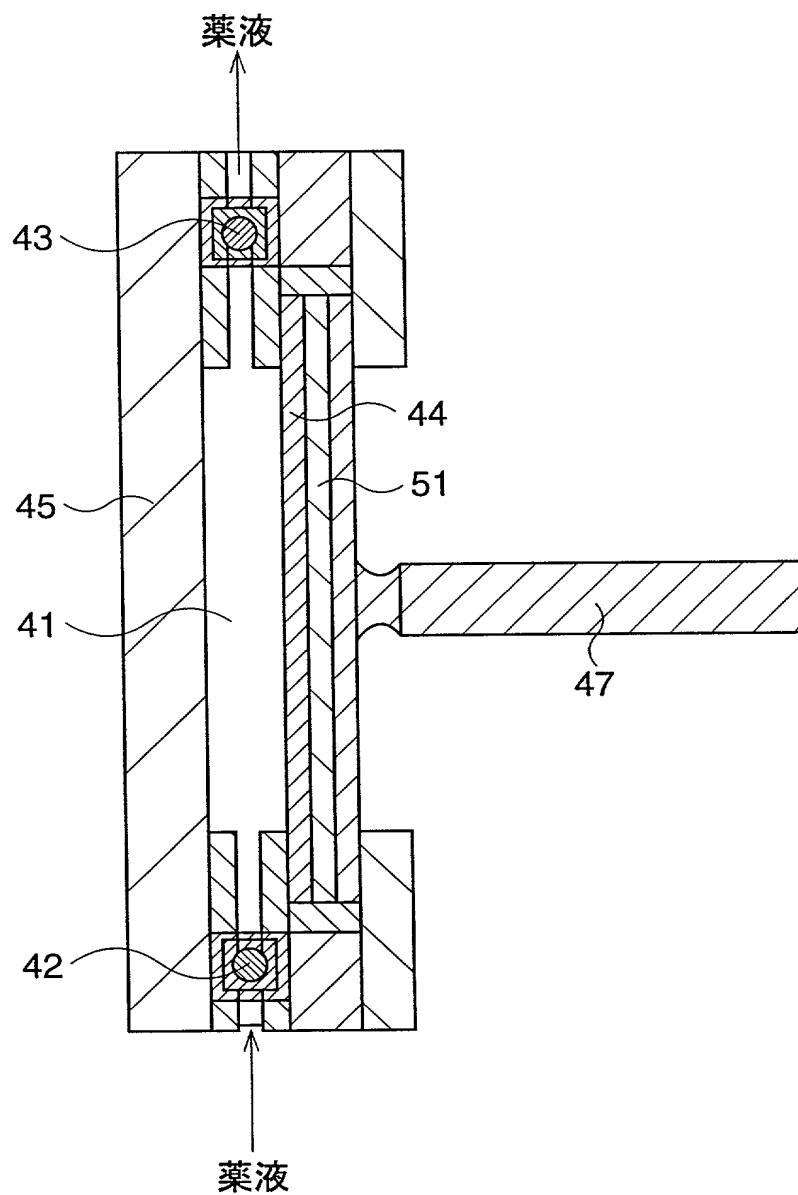
【図5】



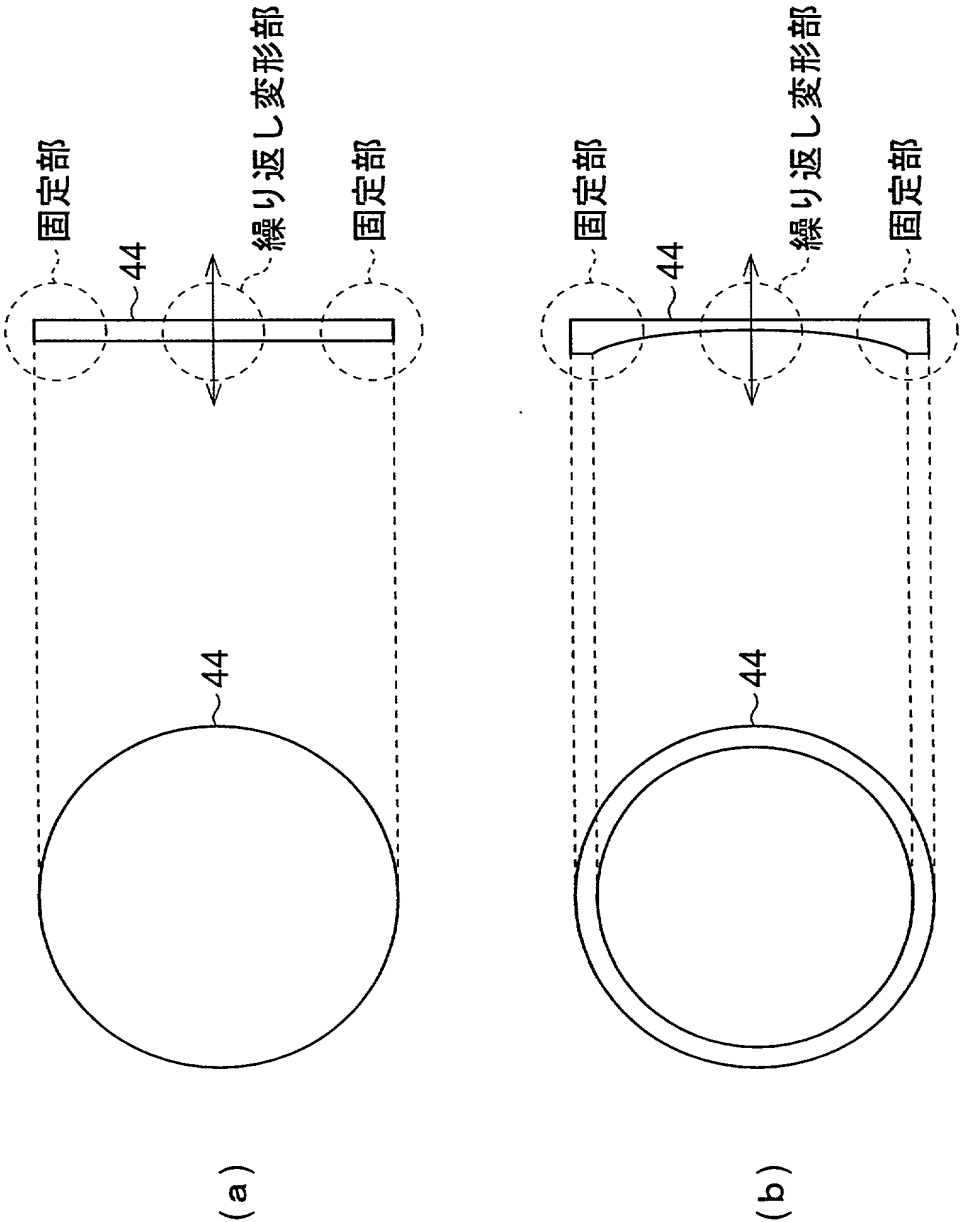
【図6】



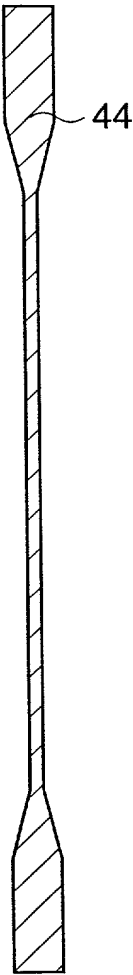
【図 7】



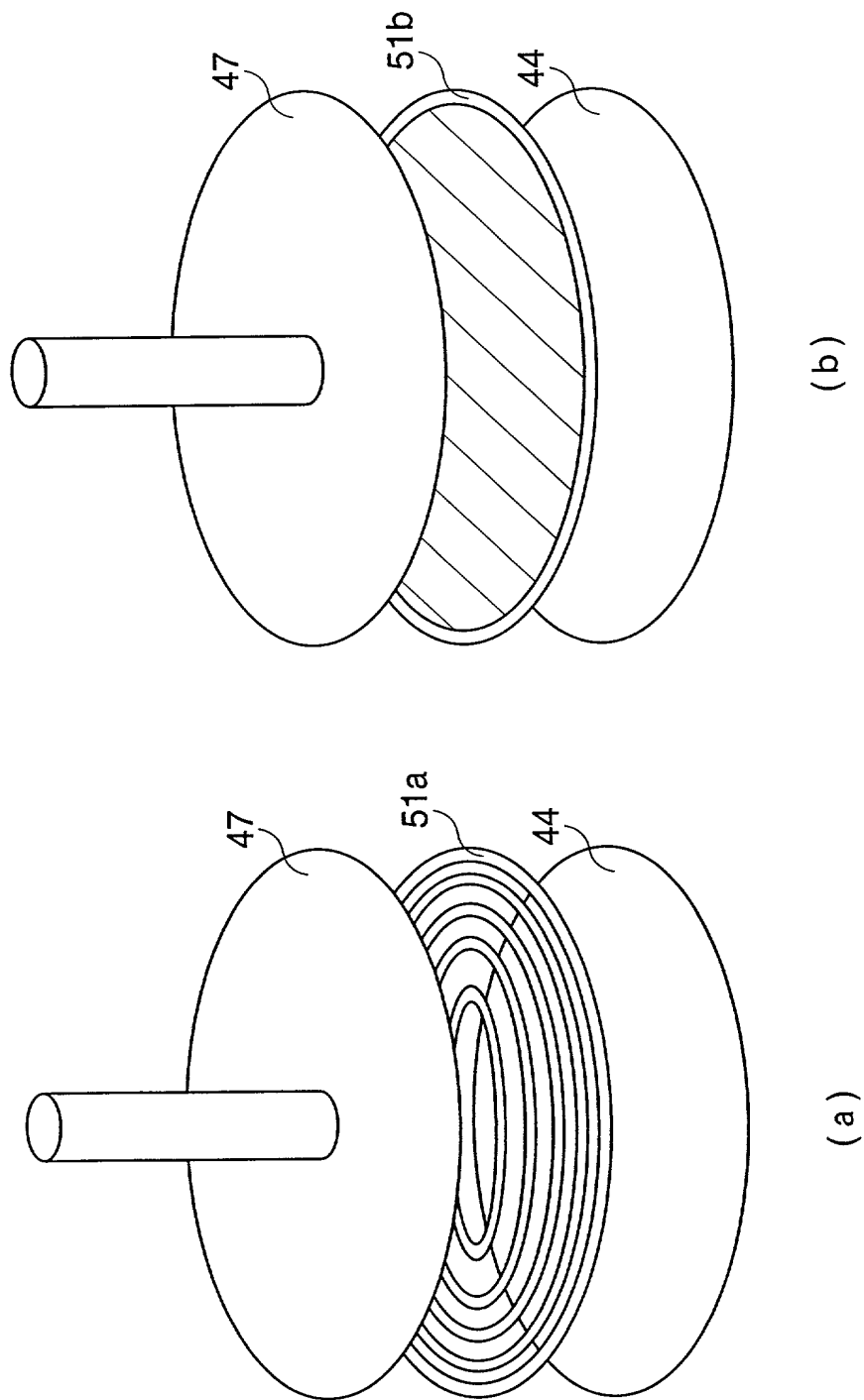
【図 8】



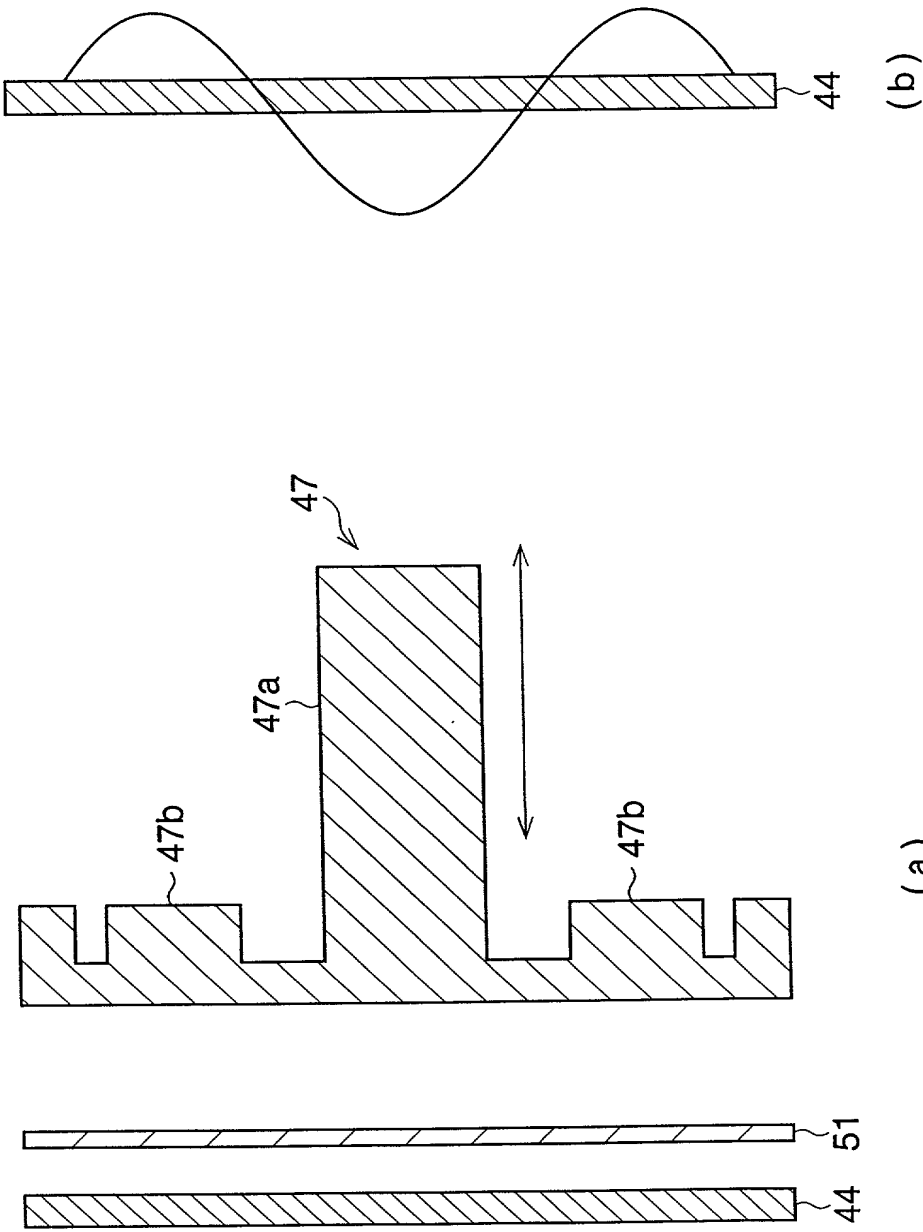
【图 9】



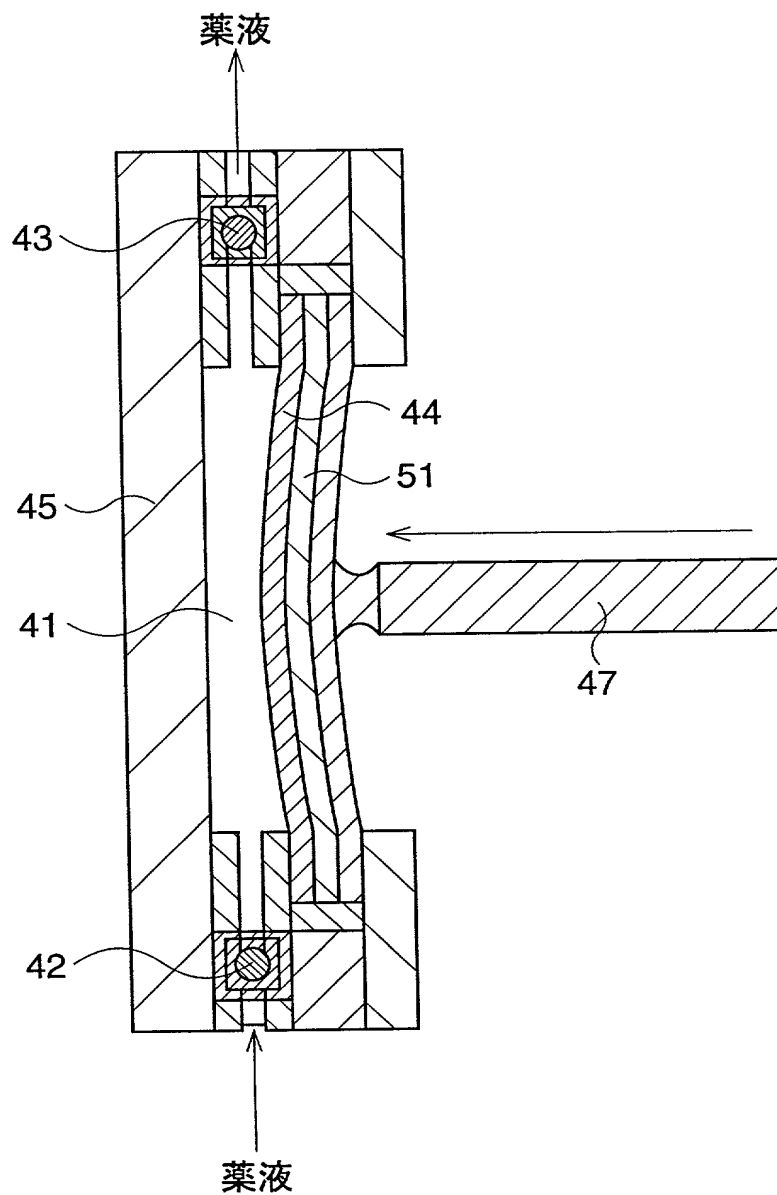
【図10】



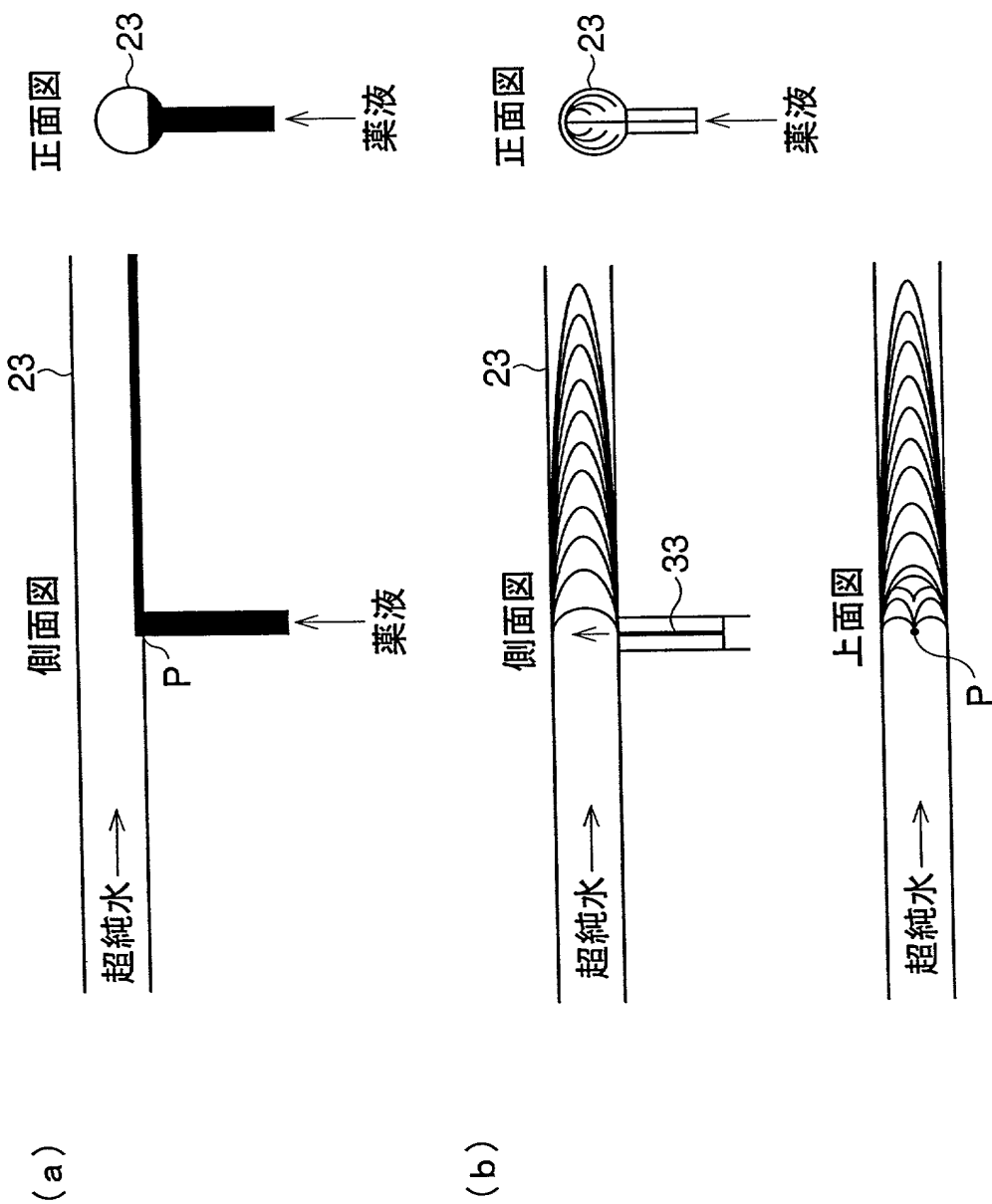
【図11】



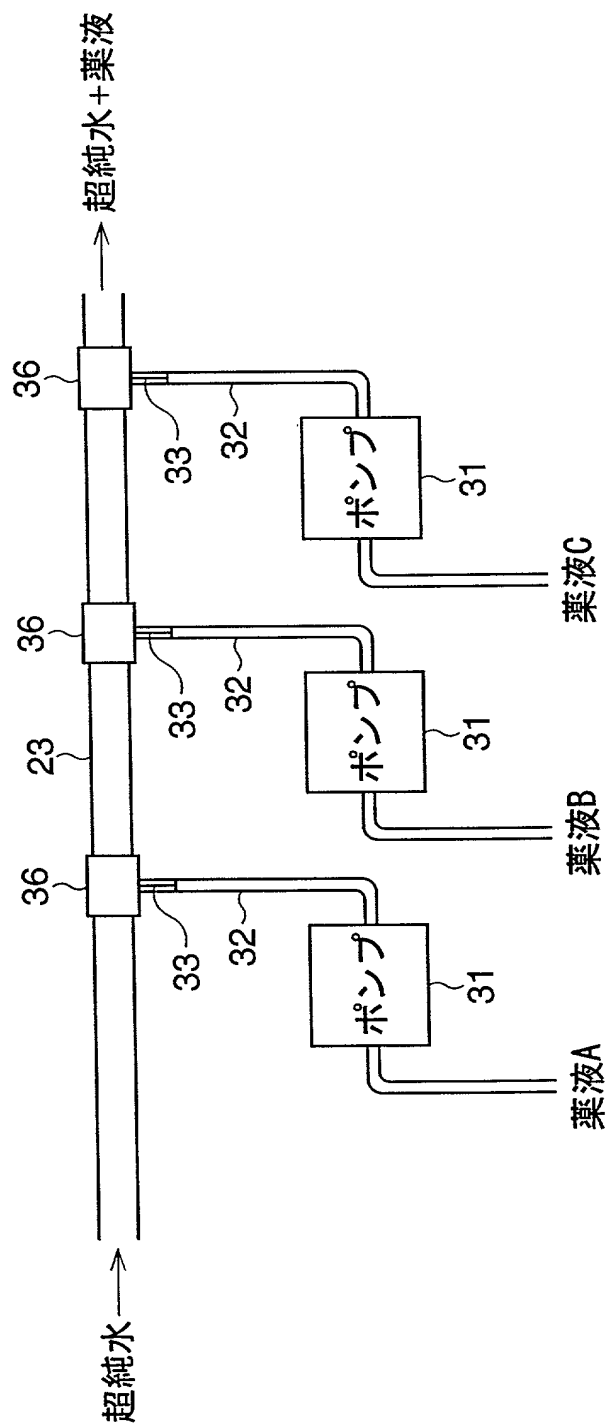
【図12】



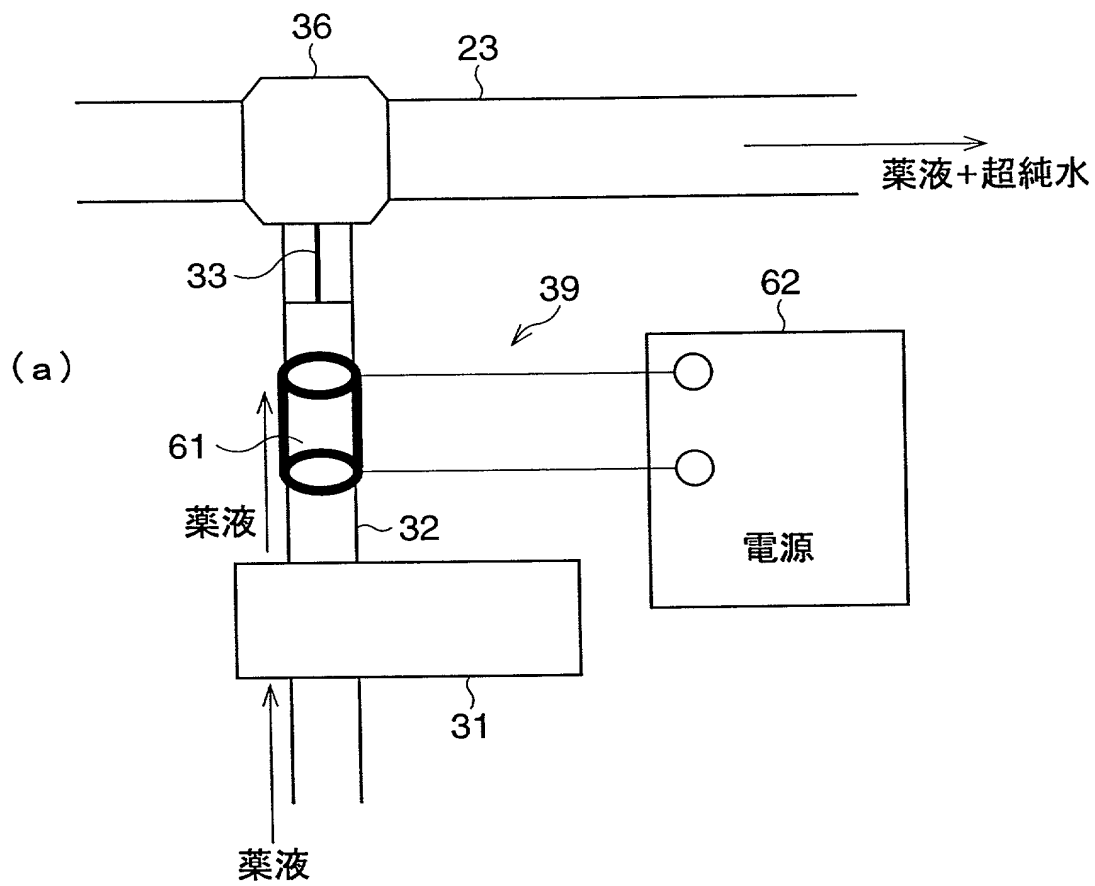
【図13】



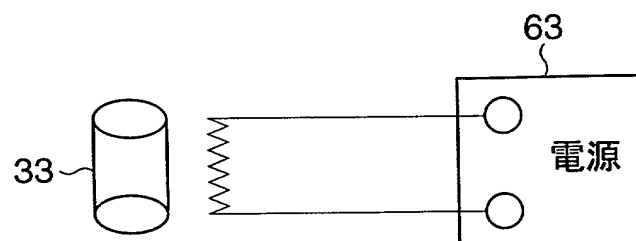
【図14】



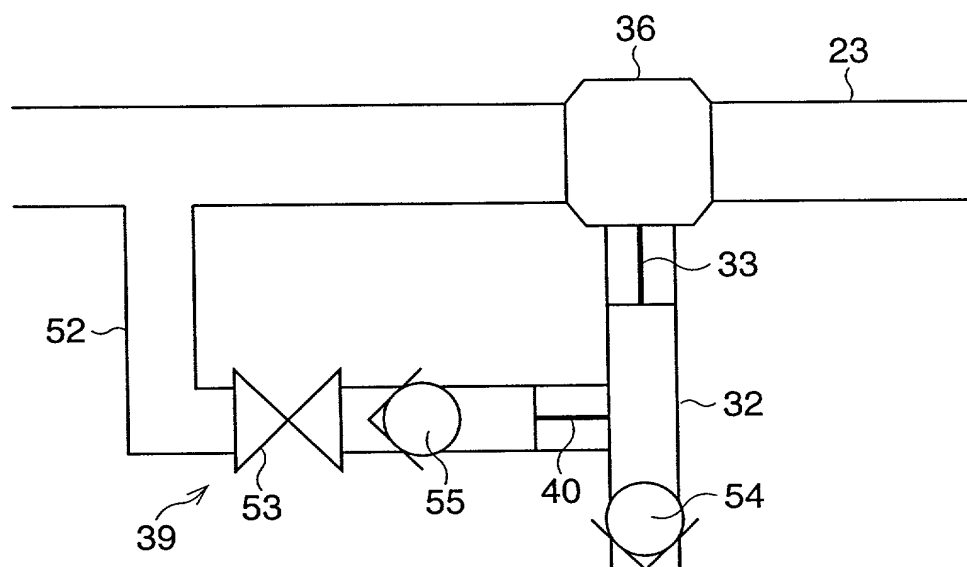
【図15】



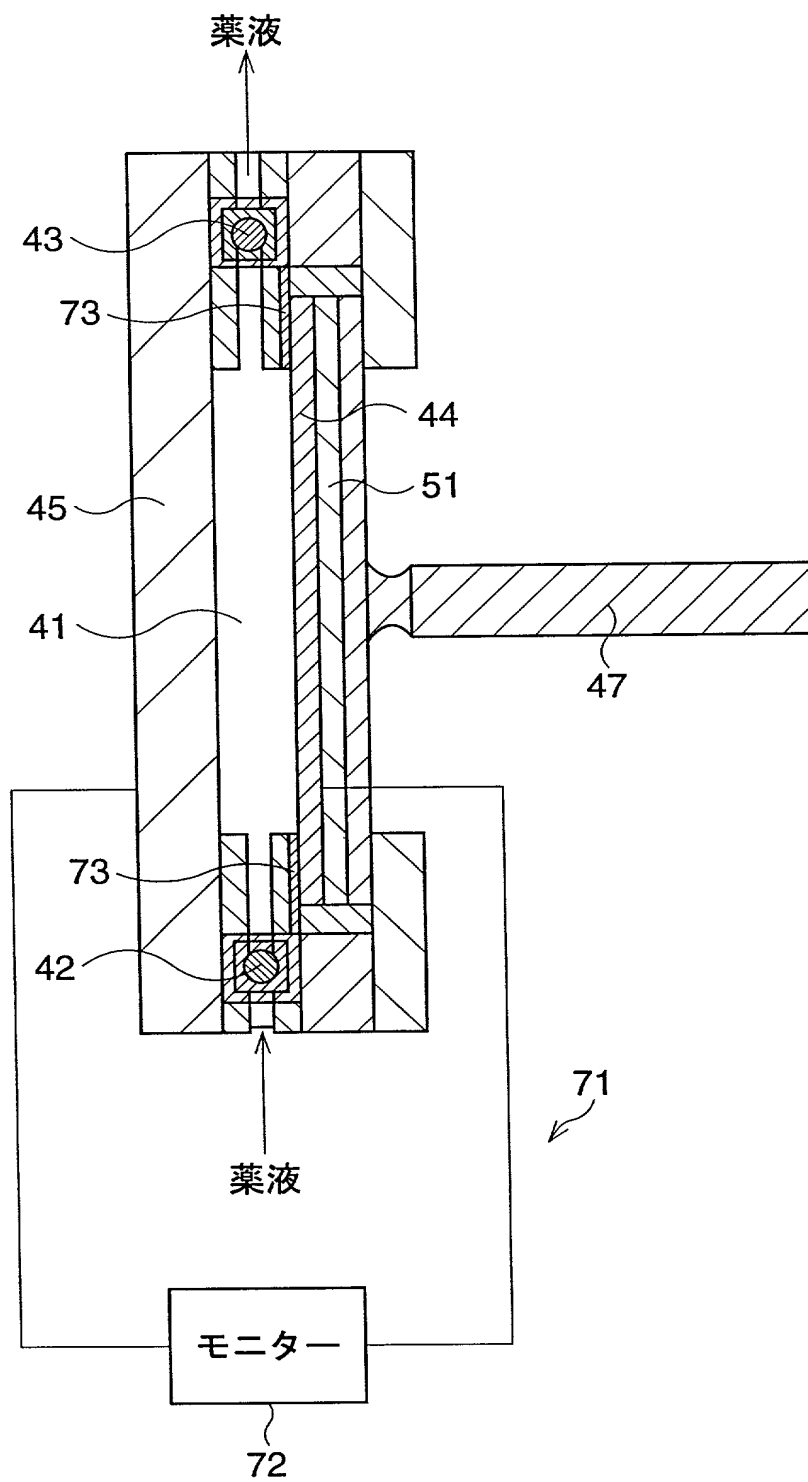
【図16】



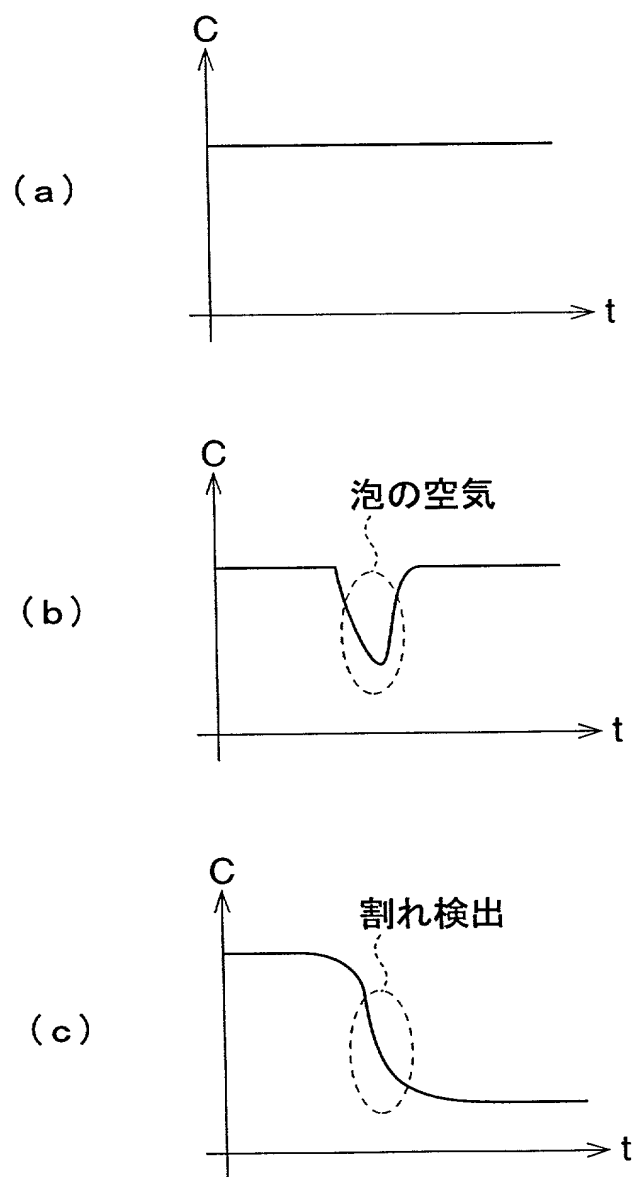
【図17】



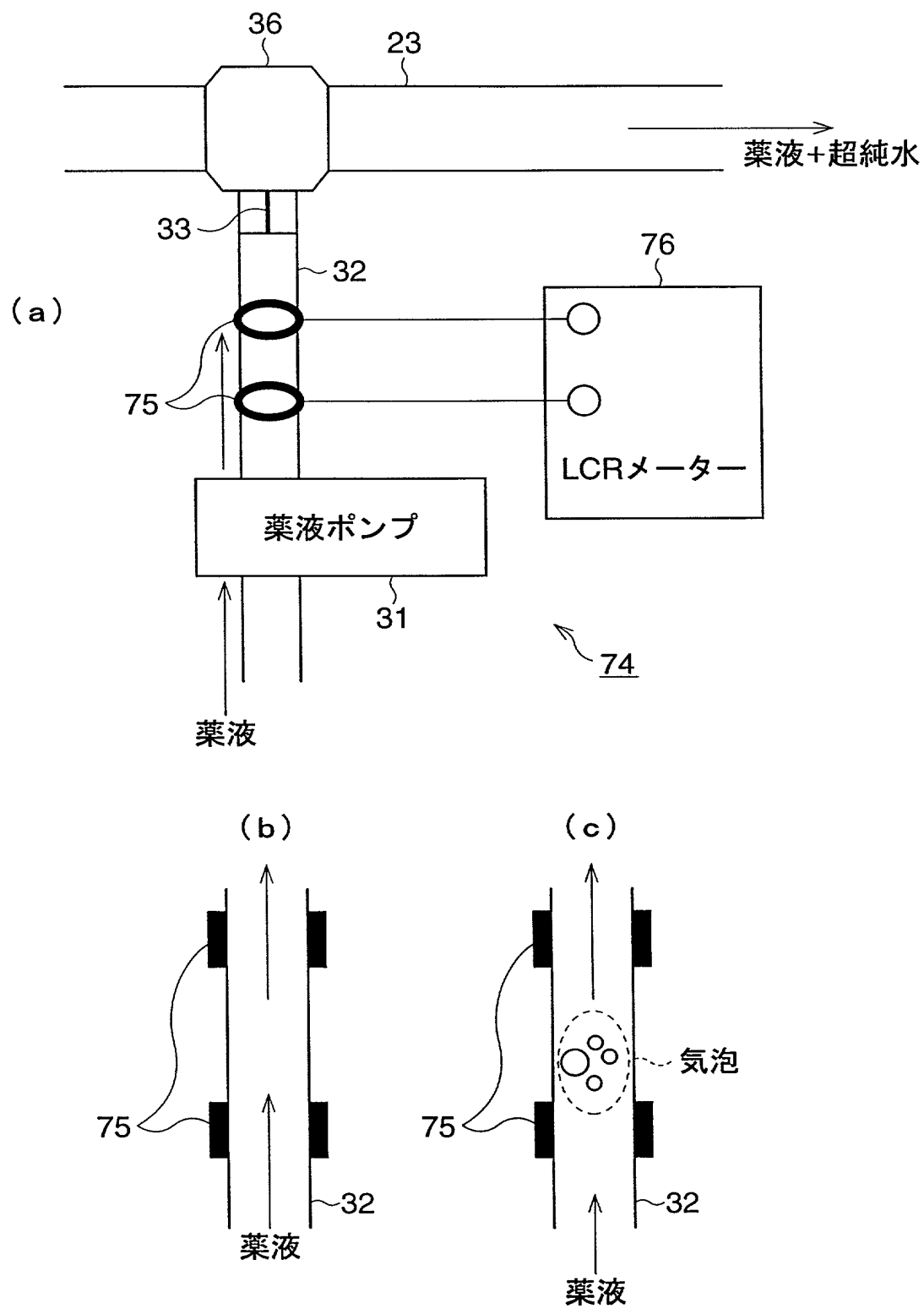
【図18】



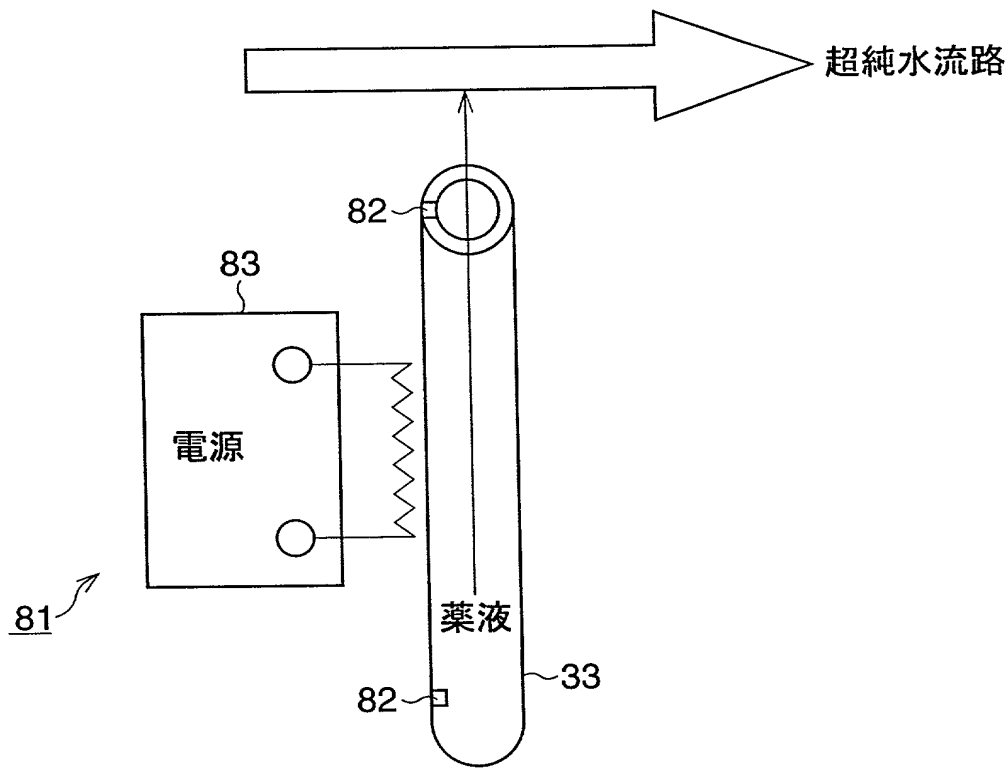
【図19】



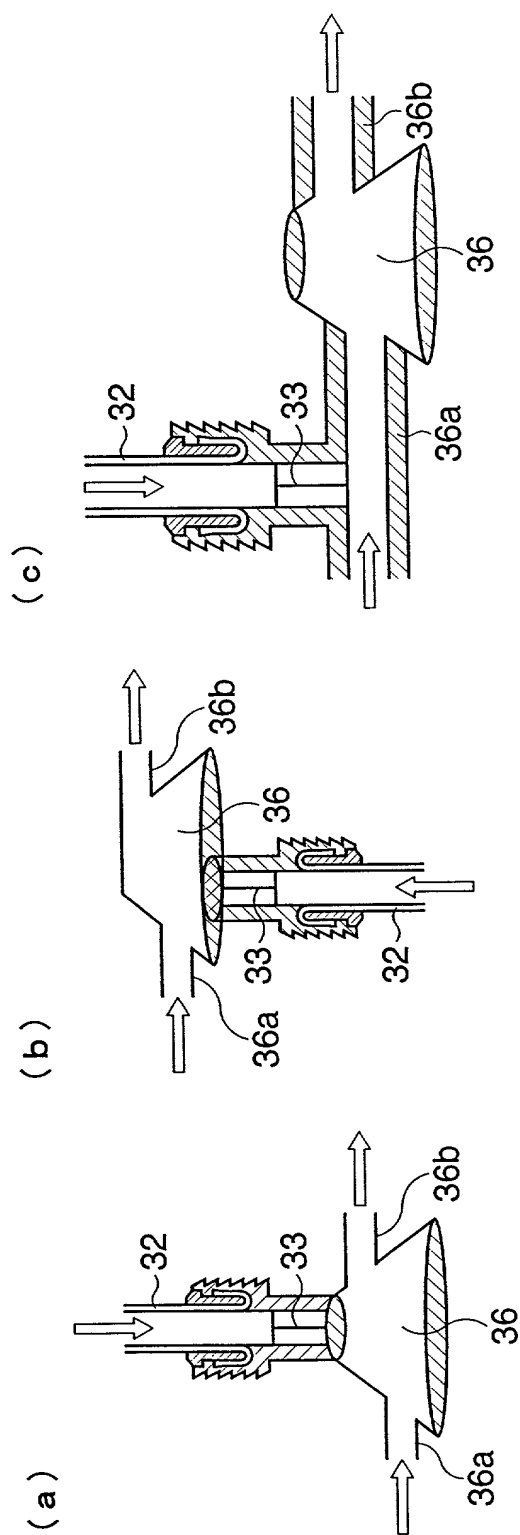
【図20】



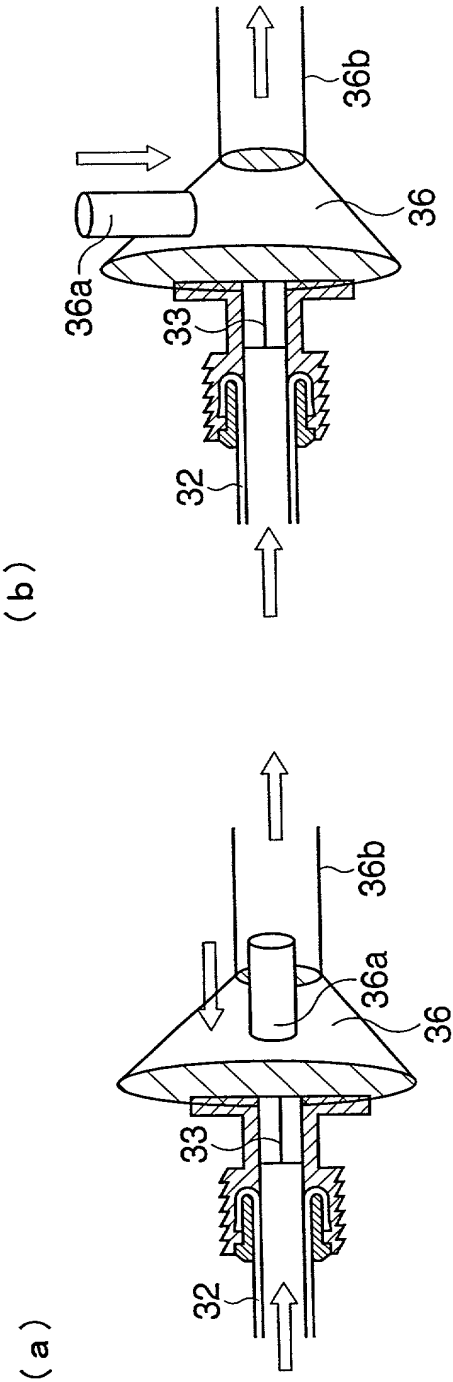
【図21】



【図22】

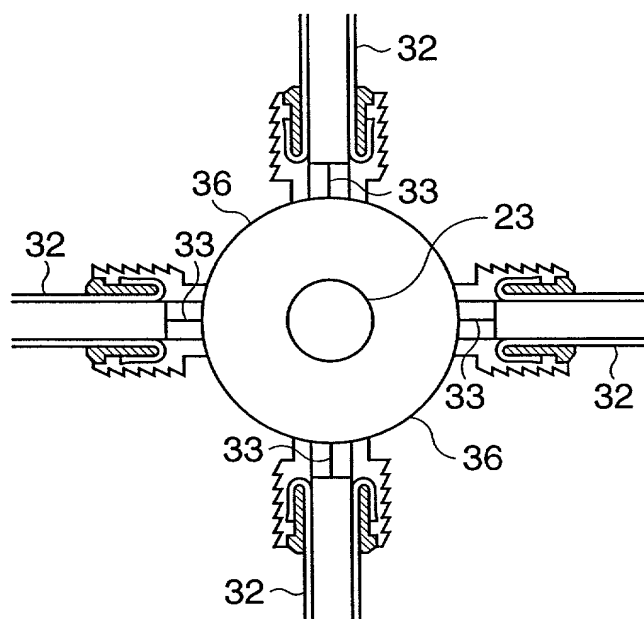


【図23】

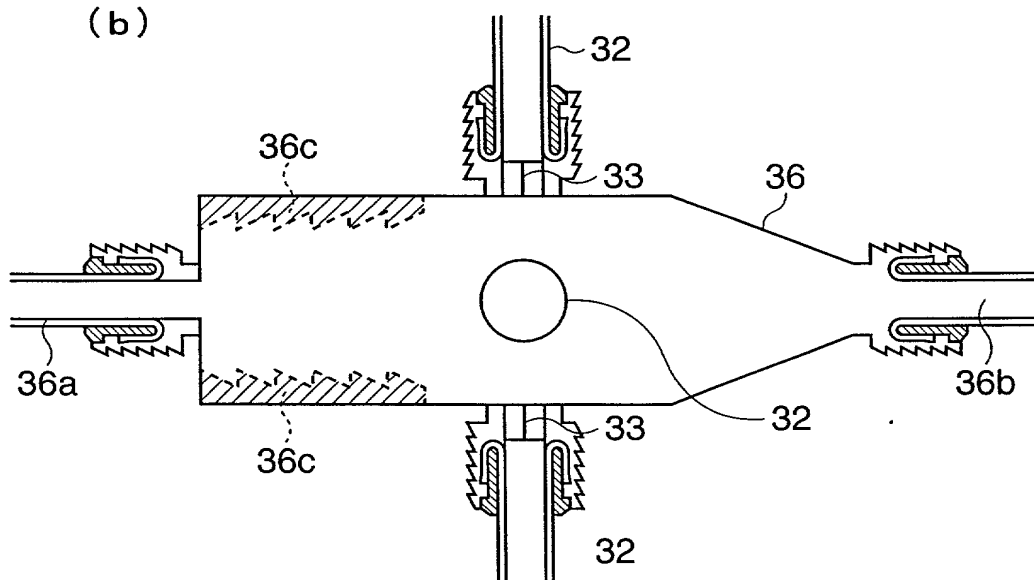


【図24】

(a)

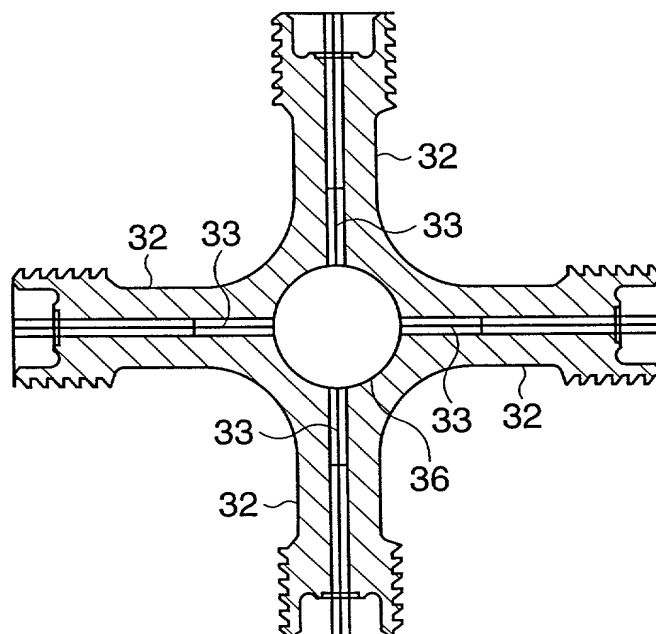


(b)

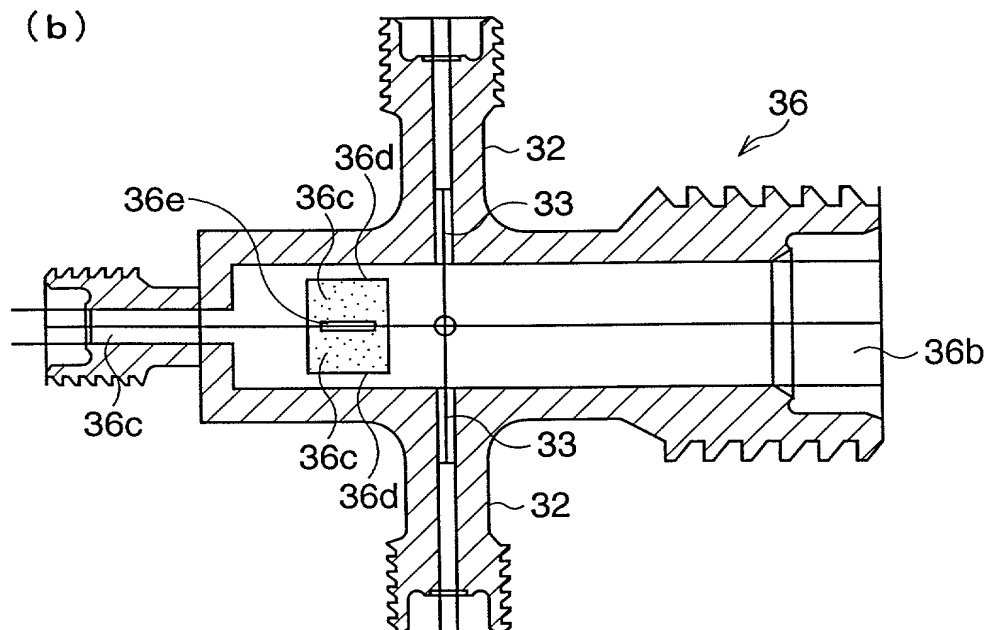


【図25】

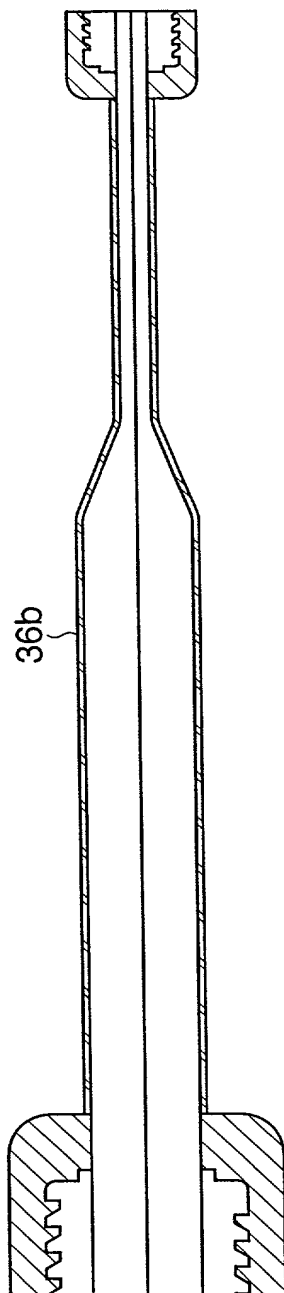
(a)



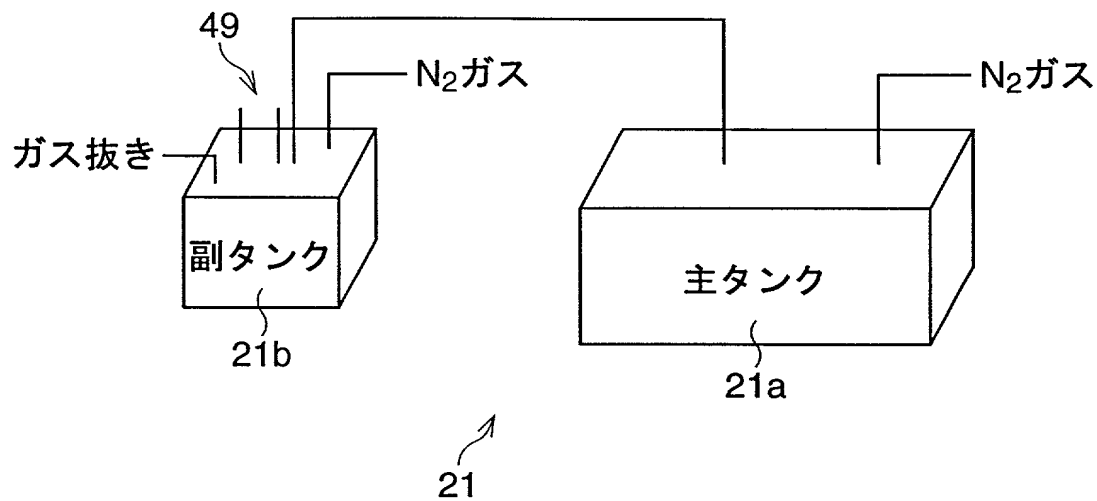
(b)



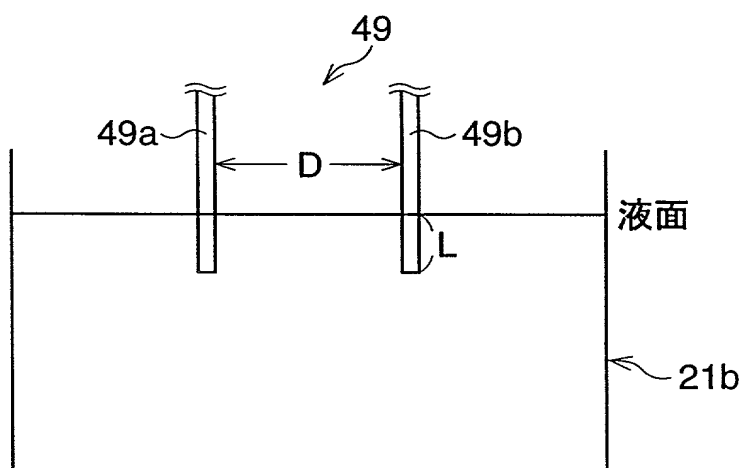
【図26】



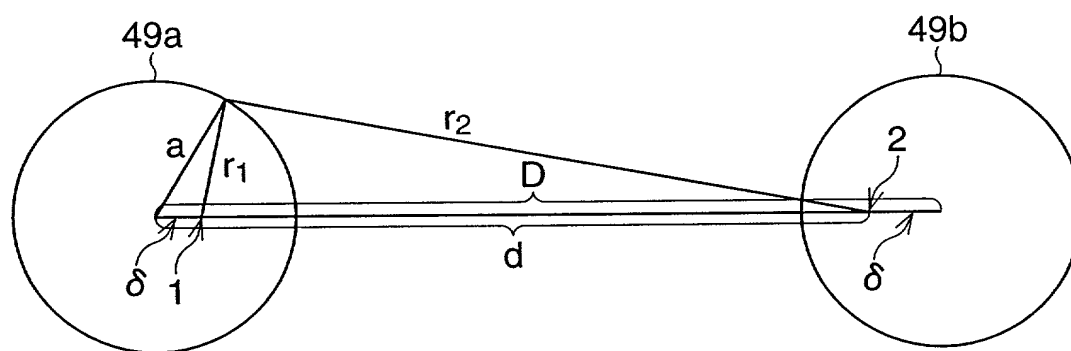
【図27】



【図28】

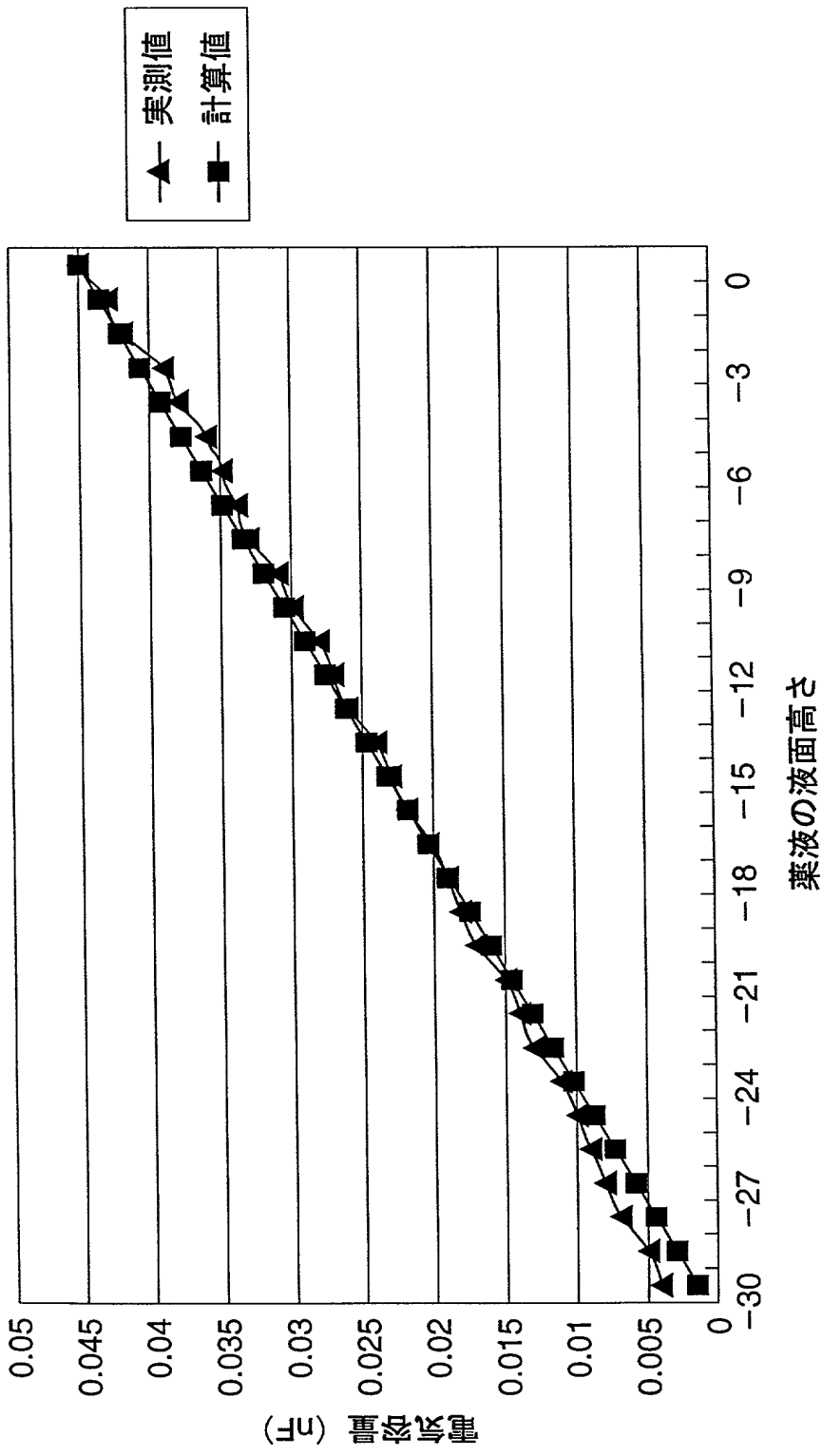


【図29】

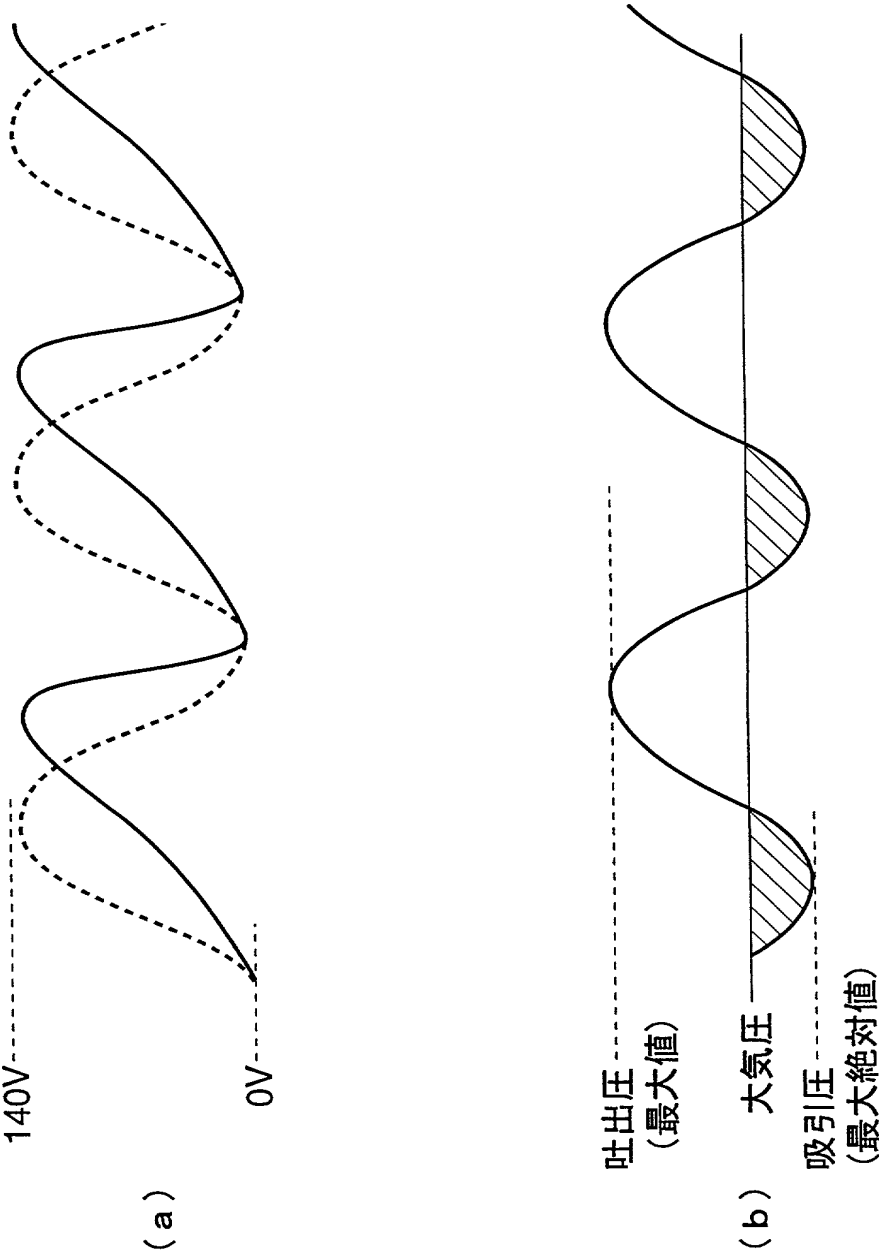


【図30】

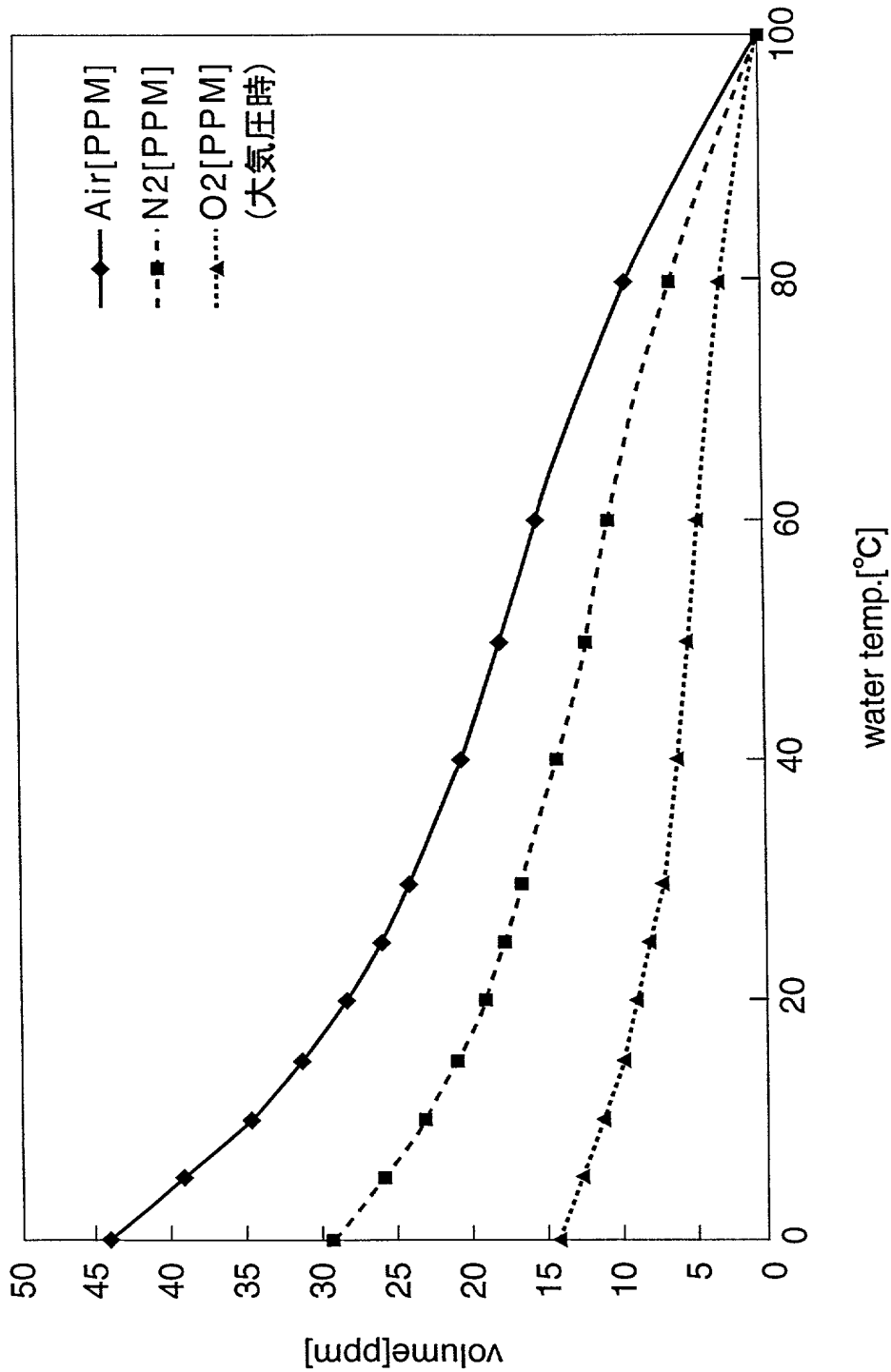
Relation Between Water Level and Capacitance



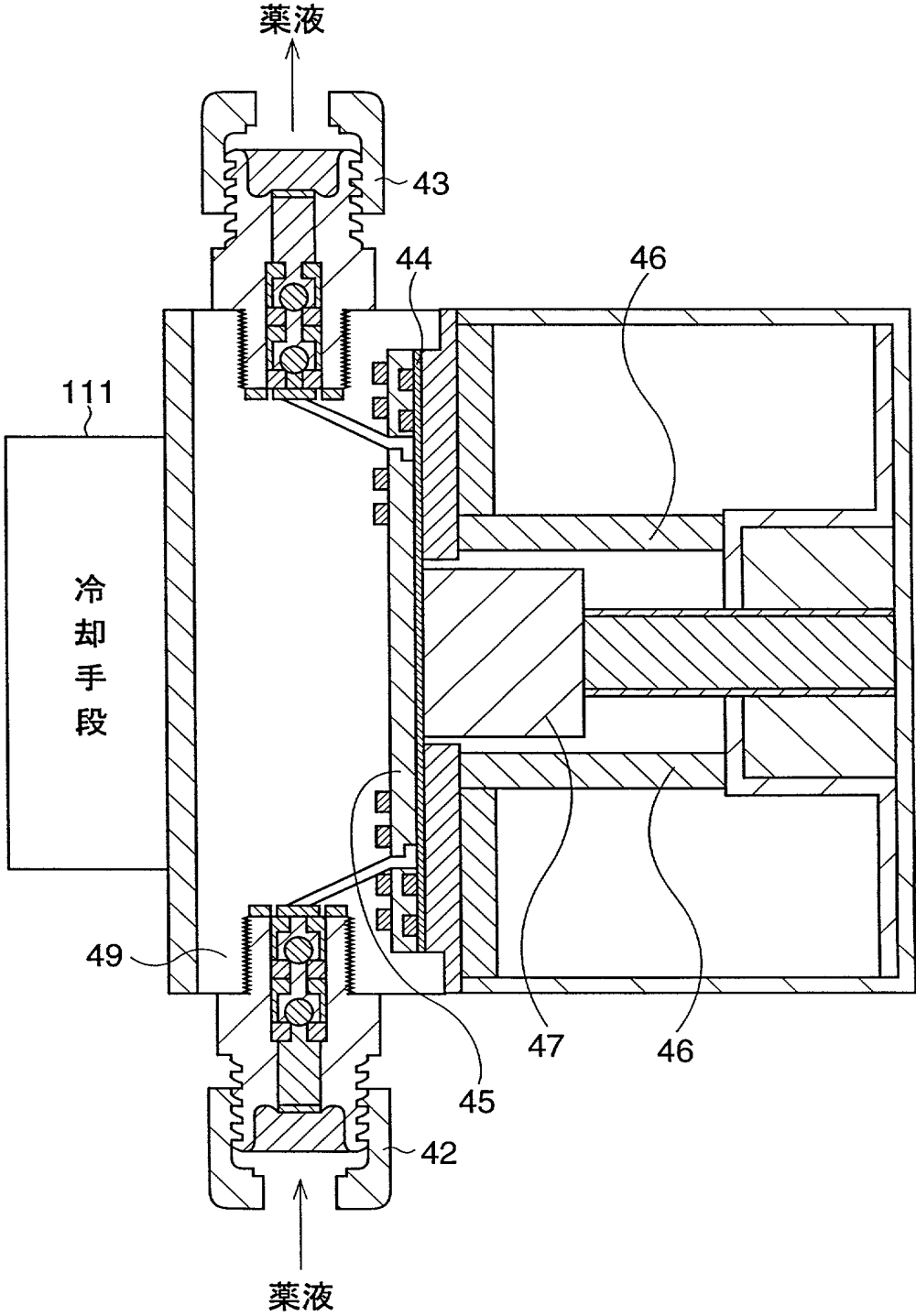
【图31】



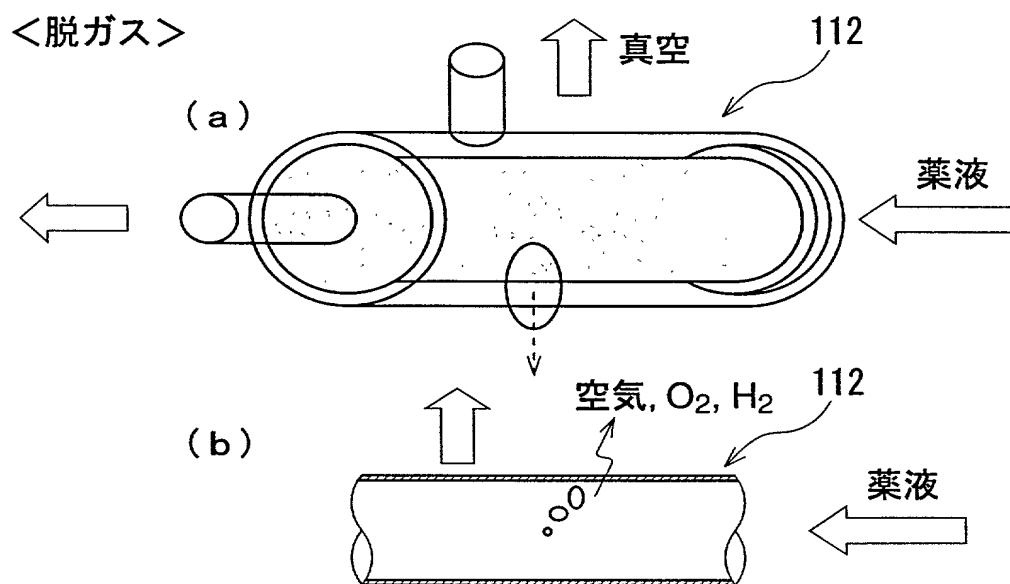
【図32】



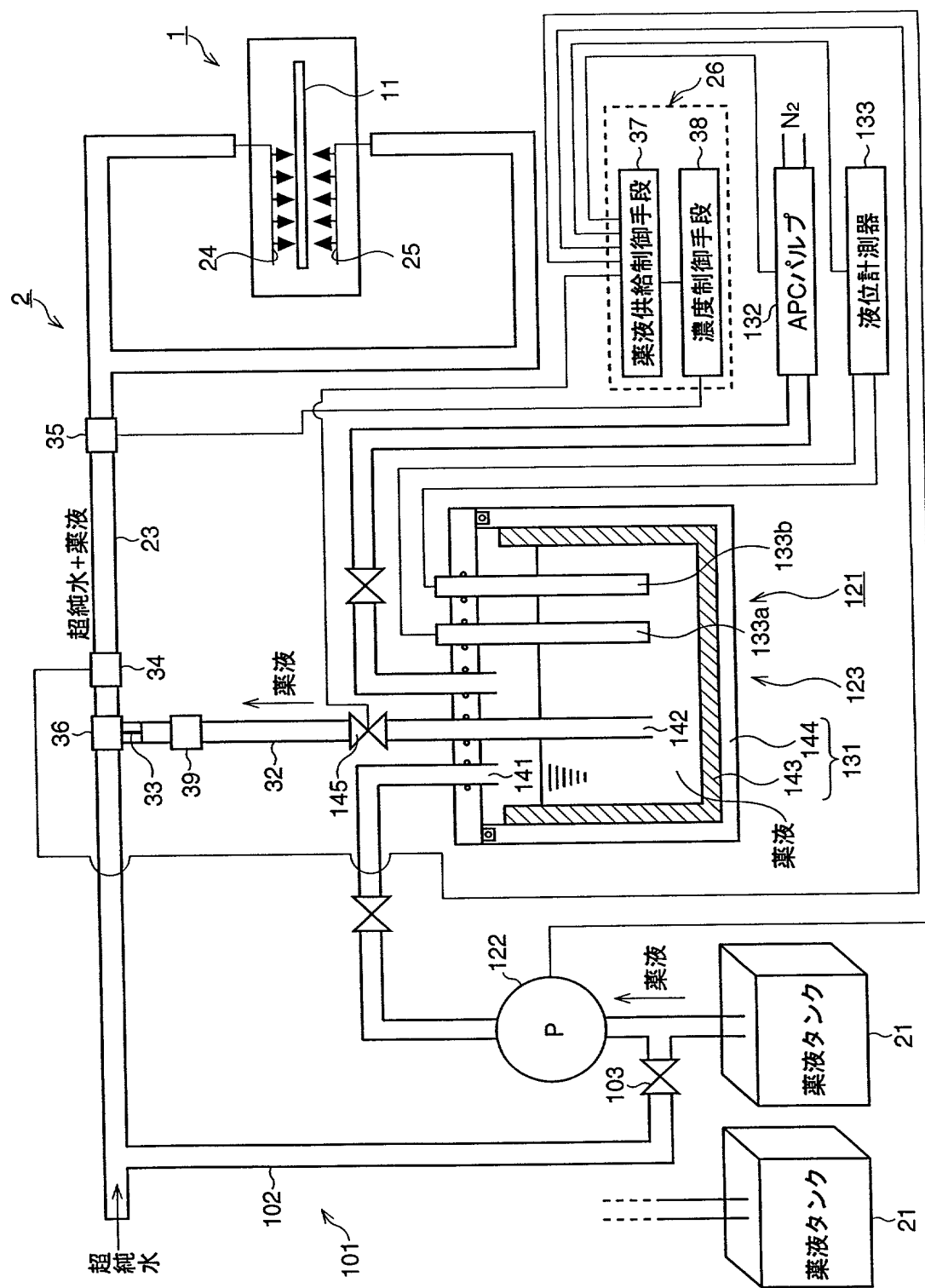
【図33】



【図34】



【図35】



DECLARATION AND POWER OF ATTORNEY

U.S.A.

As a below-named inventor, I hereby declare: My residence, post office address and citizenship are as stated below next to my name. I believe I am the original, first, and sole inventor (if only one name is listed below) or an original, first, and joint inventor (if plural names are listed below) of the subject matter which is claimed and for which a patent is sought on the invention entitled CHEMICAL SUPPLY SYSTEM, the specification of which

☒ is attached hereto.

☐ was filed on _____, as application Serial No. _____, and was amended on _____ (if applicable).

I hereby state that I have reviewed and understand the contents of the above-identified specification, including the claims, as amended by any amendment referred to above, and acknowledge a duty to disclose information which is material to the examination of this application under 37 CFR 1.56(a). I hereby claim priority benefits under 35 U.S.C. §119 based on any foreign application(s) for patent or inventor's certificate listed below and have also identified below any foreign application for patent or inventor's certificate on the present invention, filed before the application(s) in which priority is claimed.

FOREIGN APPLICATION(S), IF ANY, REFERRED TO ABOVE			
COUNTRY	APPLICATION NO.	DATE	PRIORITY CLAIMED
JAPAN	10-319035	November 10, 1998	YES <input checked="" type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/>
JAPAN	11-7063	January 13, 1999	YES <input checked="" type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/>
JAPAN	11-316244	November 8, 1999	YES <input checked="" type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/>

I hereby claim benefit under 35 U.S.C. §120 of any U.S. application(s) listed below. If the subject matter of any claim(s) of this application is not disclosed in the prior U.S. application(s) as required by paragraph one of 35 U.S.C. §112, I acknowledge a duty to disclose material information as defined in 37 CFR 1.56(a) regarding occurrences between the filing date of the prior application(s) and the national or PCT international filing date of this application.

SERIAL NUMBER	FILING DATE	STATUS

I hereby appoint Elliott I. Pollock, RN (Registration No.) 16,906; George Vande Sande, RN 17,276; Robert R. Priddy, RN 20,169; Burton A. Amernick, RN 24,852; Stanley B. Green, RN 24,351; Richard Wiener, RN 18,741; Townsend M. Belser, Jr., RN 22,956; Morris Liss, RN 24,510; Martin Abramson, RN 25,787; George R. Pettit, RN 27,369; Louis Woo, RN 31,730; Elzbieta Chlopecka, RN 32,767; and Eric Franklin, RN 37,134, my attorneys with full power of substitution and revocation, to prosecute this application and to transact all business in the Patent and Trademark Office connected therewith.

Address all communications to Pollock, Vande Sande & Priddy, P.O. Box 19088, Washington, D. C. 20036-3425.

All statements made herein of my own knowledge are true. All statements made on information and belief are believed to be true. These statements were made with the knowledge that willful false statements and the like so made are punishable by fine, imprisonment, or both, under 18 U.S.C. 1001 and may jeopardize the validity of the application or any patent issuing thereon.

Note: Please sign one full given name and your surname, using initials where appropriate for other names. It is important that the name be consistent throughout the application papers. Signing of an application more than five weeks prior to filing or an undated application is not acceptable to the Patent and Trademark Office except for receiving an initial filing date.

- Full name of inventor Takahisa NITTA Date November 8, 1999

Inventor's signature *Takahisa Nitta*

Residence Tokyo

Citizenship Japan

Post Office Address c/o ULTRACLEAN TECHNOLOGY RESEARCH INSTITUTE, CO., LTD., 1-4, Hongo 4-chome, Bunkyo-ku, Tokyo 113-0033 JAPAN
- Full name of inventor Nobuhiro MIKI Date November 8, 1999

Inventor's signature *Nobuhiro Miki*

Residence Tokyo

Citizenship Japan

Post Office Address c/o ULTRACLEAN TECHNOLOGY RESEARCH INSTITUTE, CO., LTD., 1-4, Hongo 4-chome, Bunkyo-ku, Tokyo 113-0033 JAPAN

☐ See additional page for additional inventors, if checked.

3. Full name of inventor Yoshiaki YAMAGUCHI Date: November 8, 1999
Inventor's signature Yoshiaki Yamaguchi
Residence Tokyo
Citizenship Japan
Post Office Address c/o ULTRACLEAN TECHNOLOGY RESEARCH INSTITUTE, CO., LTD., 1-4,
Hongo 4-chome, Bunkyo-ku, Tokyo 113-0033 JAPAN
4. Full name of inventor _____ Date: _____
Inventor's signature _____
Residence _____
Citizenship _____
Post Office Address _____
5. Full name of inventor _____ Date: _____
Inventor's signature _____
Residence _____
Citizenship _____
Post Office Address _____
6. Full name of inventor _____ Date: _____
Inventor's signature _____
Residence _____
Citizenship _____
Post Office Address _____
7. Full name of inventor _____ Date: _____
Inventor's signature _____
Residence _____
Citizenship _____
Post Office Address _____
8. Full name of inventor _____ Date: _____
Inventor's signature _____
Residence _____
Citizenship _____
Post Office Address _____
9. Full name of inventor _____ Date: _____
Inventor's signature _____
Residence _____
Citizenship _____
Post Office Address _____
10. Full name of inventor _____ Date: _____
Inventor's signature _____
Residence _____
Citizenship _____
Post Office Address _____
11. Full name of inventor _____ Date: _____
Inventor's signature _____
Residence _____
Citizenship _____
Post Office Address _____
12. Full name of inventor _____ Date: _____
Inventor's signature _____
Residence _____
Citizenship _____
Post Office Address _____